



# **AGENDA DE INNOVACIÓN DE ZACATECAS**

## **DOCUMENTOS DE TRABAJO**

### **4.2 AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN**

#### **ENERGÍAS RENOVABLES**

*Octubre, 2014*

## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción a las áreas de especialización seleccionadas por la agenda .....</b>	<b>8</b>
1.1	Introducción a los criterios de priorización utilizados	8
1.2	Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	9
1.1.1.	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda	9
<b>2.</b>	<b>Caracterización del área de especialización en el estado y en el contexto nacional .....</b>	<b>11</b>
2.1	Breve descripción del área de especialización	11
2.2.	Distribución del área de especialización en México	16
2.2.1.	Relevancia económica, social y política del área de especialización en México	16
2.3.1.	Principales empresas instaladas en México	23
2.3.2.	Por fuente de energía el panorama es el siguiente:	26
2.3.3.	Energías renovables en el estado de Zacatecas	31
2.3.	Posicionamiento del estado en el área de especialización	33
2.4.	Principales tendencias de innovación en el área de especialización a nivel mundial	34
<b>3.</b>	<b>Breve descripción del ecosistema de innovación para el área de especialización.....</b>	<b>36</b>
3.1.	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	36
3.2.	Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación	37
3.2.1.	Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación	37
3.3.	Empresas líderes en el estado de Zacatecas	38
3.3.1.	Asociaciones que agrupen a las empresas del sector	39
3.3.2.	Clústeres, parques industriales y/o programas de fomento al sector existentes en el estado de Zacatecas	40

3.4. Evolución de apoyos en el área de especialización	40
3.4.1. Análisis de la política pública estatal de apoyo al sector	41
<b>4. Análisis FODA del Área de especialización .....</b>	<b>42</b>
4.1. Fortalezas	42
4.2. Oportunidades	42
4.3. Debilidades	43
4.4. Amenazas	43
<b>5. Marco estratégico y objetivos del Área de Especialización.....</b>	<b>44</b>
<b>6. Nichos de especialización .....</b>	<b>47</b>
<b>7. Caracterización de proyectos estratégicos y plan de proyectos .....</b>	<b>49</b>
7.1. Descripción de Proyectos	49
7.1.1. Desarrollo de sistemas de convertidores electrónicos de estado sólido para sistemas de Energías Renovables.	49
<b>7.1.2.</b> Creación de un Laboratorio de caracterización de materiales para el desarrollo y prueba de celdas solares y paneles fotovoltaicos.	52
7.1.3. Programa de aprovechamiento de energías renovables en la producción agrícola	54
7.2. Matriz de proyectos	57
7.3. Propuestas para fortalecer el sistema estatal de innovación en el área Energías Renovables	58
<b>8. Referencias.....</b>	<b>61</b>
GLOSARIO DE TÉRMINOS	62
ABREVIATURAS	64
Apéndice A: Normas mexicanas	66
Proyectos de norma	70
Apéndice C: Ordenamientos legales y apoyos financieros al área de Energías Renovables en México	71

Fondos	74
Financiamiento	75
Programas	76

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Áreas y Nichos de especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Zacatecas. ....	10
Ilustración 2. Generación de electricidad por tipo de tecnología .....	19
Ilustración 3. Proyectos en operación y en construcción para la generación electricidad con Energías Renovables 2012.....	22
Ilustración 4. Principales empresas de Energías Renovables con presencia en México .....	24
Ilustración 5. Centrales de biomasa para la generación de electricidad.....	26
Ilustración 6. Planta fotovoltaica de 180 kW de capacidad en instalaciones del COZCYT, en Zacatecas.....	33
Ilustración 7. Aerogenerador de 20 kW de capacidad en instalaciones del COZCYT, en Zacatecas	33
Ilustración 8. Ecosistema de Innovación del Área Energías Renovables en Zacatecas ....	36
Ilustración 9. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial ...	45
Ilustración 10. Mapa de ruta del proyecto: Desarrollo de sistemas de convertidores electrónicos de estado sólido para sistemas de Energías Renovables.....	51
Ilustración 11. Mapa de ruta del proyecto: Creación de un Laboratorio de caracterización de materiales para el desarrollo y prueba de celdas solares y paneles fotovoltaicos.	54
Ilustración 12. Mapa de ruta del proyecto: Programa de aprovechamiento de energías renovables en la producción agrícola.....	57

## Índice de Tablas

Tabla 1. Potencial posible de generación de energía eléctrica con energías renovables .....	13
Tabla 2. Capacidad instalada y energía eléctrica producida con energías renovables, al 2013.....	14
Tabla 3. Capacidad instalada y energía eléctrica producida con energías renovables, al 2013.....	14
Tabla 4. Clasificación general de las energías renovables.....	18
Tabla 5. Capacidad instalada en operación y en construcción de energías renovables, al 2012....	19
Tabla 6. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad 2012-2026 (MW).....	20
Tabla 7. Capacidad adicional del Sector Público 2012-2026 (MW).....	21
Tabla 8. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW) .....	23
Tabla 9. Centrales geotérmicas para la generación de electricidad.....	27
Tabla 10. Centrales solares fotovoltaicas para la generación de electricidad, ubicadas en México .....	28
Tabla 11. Centrales eólicas para la generación de electricidad 2012 .....	29
Tabla 12. Capacidad instalada (GW) e inversión en miles de millones de dólares de los principales países productores (Inversión en energías renovables) .....	35
Tabla 13. Inversiones renovables por sector (mmd 2012).....	35
Tabla 14. IES y CI relacionados con el sector de energías renovables .....	37
Tabla 15. Empresas líderes en el estado en el sector de energías renovables .....	39
Tabla 16. Identificación de los problemas y propuestas de innovación en Energías Renovables.....	46
Tabla 17. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Energías Renovables de Zacatecas. ....	47

Tabla 18. Matriz de proyectos del Área de Especialización en Energías Renovables de  
Zacatecas ..... 57

# 1 INTRODUCCIÓN A LAS ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN SELECCIONADAS POR LA AGENDA

## 1.1 Introducción a los criterios de priorización utilizados

La Agenda Estatal de Innovación de Zacatecas del Área de Energías Renovables tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción indispensables para detonar actividades de innovación en los próximos años; para ello se toma en cuenta la vocación del Estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado de la Agenda de Innovación se proponen nichos de especialidad y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recursos humanos, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazos.

El Área de Energías Renovables fue seleccionada por líderes de opinión y representantes de sector empresarial, académico y gubernamental que conforman el Grupo Consultivo del Estado, quienes basados en criterios socioeconómicos, científico-tecnológicos y de mercado identificaron a ésta como un área de especialización que puede contribuir a potenciar sectores económicos importantes del estado de Zacatecas, además de representar una respuesta oportuna a la coyuntura de la reforma energética.

## 1.2 Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización

La selección de las áreas de especialización se realiza con base en la identificación de los problemas y oportunidades para generar competencias en el Estado de Zacatecas. Una vez hecho esto, se implementa un conjunto de conocimientos a través de plataformas tecnológicas en nichos definidos, que permitan solucionar los problemas del área de especialización y con ello, aprovechar las oportunidades reconocidas por los actores de la triple hélice.

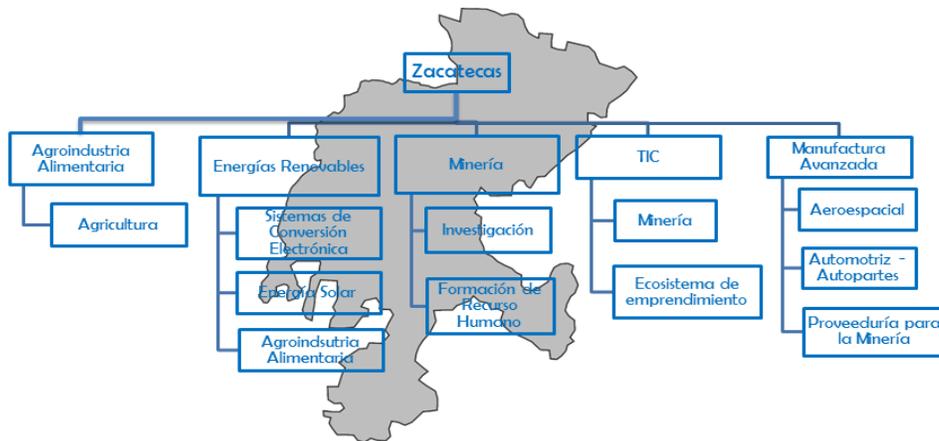
Para seleccionar las áreas prioritarias se utilizaron criterios basados en indicadores económicos, sociales, tecnológicos, ambientales, de competencia y de mercado.

La participación del Comité de Gestión, así como del Grupo Consultivo en la selección de las áreas fue relevante, sobre todo al proponer algunos rubros que no son considerados nichos prioritarios o áreas de especialización, pero que por su trascendencia en la política de desarrollo del Estado, se les considera como un elemento importante dentro de la Agenda, por ejemplo el manejo integral del agua.

### 1.1. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda

Los sectores seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Zacatecas son:

Ilustración 1. Áreas y Nichos de especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Zacatecas.



Fuente: CamBioTec, 2014

Cada uno de estos sectores incluye recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico, que permitan aprovechar las oportunidades de crecimiento, desarrollo y competencia para la entidad. Uno de los objetivos es impulsar el crecimiento inteligente con base en conocimiento e innovación, aprovechando los recursos del Estado, para crear las condiciones que articulen el avance tecnológico con el bienestar económico, social, ambiental y territorial.

El área energías renovables tiene como objetivo desarrollar su actividad, empleando estrategias de impulso para el desarrollo de algunos nichos y proyectos, estableciendo mayor vinculación con la triple hélice.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

### 2.1 Breve descripción del área de especialización

México cuenta con abundantes recursos naturales, suficientes para detonar el desarrollo de energías renovables. Con la aprobación de la reforma energética, actualmente se impulsan estrategias y programas tendentes a un desarrollo sostenido con una visión a largo plazo. El país cuenta también con recursos humanos cada vez mejor preparados, capacitados para desarrollar investigación, generar tecnología y promover la industria nacional en este sector.

La preocupación del gobierno federal sobre el impulso de las energías renovables es patente en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. En dicho documento, el presidente de la república, Enrique Peña Nieto, señala:

“... las tecnologías de generación que utilicen fuentes renovables de energía deberán contribuir para enfrentar los retos en materia de diversificación y seguridad energética. Sin embargo, a pesar del potencial y rápido crecimiento en el uso de este tipo de energías, en el presente, su aportación al suministro energético nacional es apenas el 2% del total.”

En la pág. 86 del mismo documento refiere: “... se plantea abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. Esto implica aumentar la capacidad del Estado para asegurar la provisión de petróleo crudo, gas natural y gasolinas que demanda el país; fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica; promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de

fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas; además de fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en temas prioritarios para el sector energético.”

El Programa Sectorial de Energía 2013-2018 retoma las líneas del Plan Nacional de Desarrollo, dentro de sus seis objetivos principales, en tres de ellos se hace hincapié en las energías renovables, planteados con sus respectivas estrategias y líneas de acción. Dichos objetivos son:

Objetivo 2: Optimizar la operación y expansión de la infraestructura eléctrica nacional.

Objetivo 5: Ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental.

Objetivo 6: Fortalecerla la seguridad operativa, las actividades de apoyo, el conocimiento, la capacitación, el financiamiento y la proveeduría en las distintas industrias energéticas nacionales.

Asimismo, en el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018, el presidente de la República señala “... en el México de hoy, comprometido con acciones decididas para mitigar el cambio climático y reducir las emisiones de gases efecto invernadero, las energías renovables nos ofrecen la oportunidad de satisfacer las necesidades de un país en movimiento, la creciente demanda de energía, la protección y valoración de nuestro capital natural, la generación de empleo para los jóvenes talentos, la innovación en nuestras universidades y la democratización de los medios para el desarrollo.”

Durante el año 2013, la Secretaría de Energía (SENER) desarrolló el Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), el cual, a través de un sistema de información geográfica, proporciona información sobre el inventario de generación de electricidad para el abasto

del servicio público y de otros particulares, así como el atlas de los recursos renovables que pueden ser utilizados para estos propósitos, con una descripción de recursos probados, probables y posibles. Aunque esta es una primera etapa del INER sobre el atlas de recursos renovables, ya se tiene identificado el potencial probado, probable y posible del recurso eólico, solar, hídrico, geotérmico y de biomasa en los diferentes estados de la república.

Los tipos de energías renovables con mayor potencial en el país para producción de electricidad, además de la energía hidráulica, son la energía geotérmica, la energía eólica, la energía solar y, la energía de biomasa. El potencial posible que puede aprovecharse en México de cada una de ellas, para la generación de electricidad, se muestra en la Tabla 1. Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), (SENER, 2013). La energía eléctrica generada durante el 2012 en el país fue de 275,920 GWh. Si fuera posible aprovechar solamente una vigésima parte del potencial solar posible del país, sería suficiente para generar la electricidad requerida ese año.

**Tabla 1. Potencial posible de generación de energía eléctrica con energías renovables**

Geotérmica		Eólica		Solar		Biomasa	
Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)
10,951	76,799	50,000	87,600	5,000,000	6,500,000	3,642	11,485

Fuente: Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER, 2013)

Incluyendo al recurso hidráulico, a fines del 2012, las energías renovables contribuyeron con el 24.39% de la capacidad instalada total de energía eléctrica del país. El resto de la capacidad instalada proviene de plantas generadoras a base de combustibles fósiles. Del 24.39% con el que contribuyen las energías renovables, el 89.11% lo aportó la energía

hidroeléctrica, el 6.27% la energía geo termoeléctrica, el 4.61% la energía eoloeléctrica y, el 0.01% la energía solar fotovoltaica (Prospectivas del Sector Eléctrico 2013-2027).

Las Tablas 2 y 3 muestran la capacidad instalada y la energía eléctrica producida con datos al 2013 con energías renovables.

**Tabla 2. Capacidad instalada y energía eléctrica producida con energías renovables, al 2013**

Generación eléctrica por energías renovables								
	Geotérmica		Hidráulica > 30 MW		Hidráulica ≤ 30 MW		Oceánica	
	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)
	CFE	823	6,070	12,004	26,300	285	1,026	No genera
Privado	No genera		No genera		158	589	No genera	
<b>Total</b>	<b>823</b>	<b>6,070</b>	<b>12,004</b>	<b>26,300</b>	<b>443</b>	<b>1,615</b>	-	

Fuente: Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER, 2013)

**Tabla 3. Capacidad instalada y energía eléctrica producida con energías renovables, al 2013**

Generación eléctrica por energías renovables						
	Eólica		Solar		Biomasa	
	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)	Pot. (MW)	Energía (GWh/año)
CFE	87	190	6	13	No genera	
Privado	1,525	3,909	40	6	642	1,312
<b>Total</b>	<b>1,612</b>	<b>4,098</b>	<b>46</b>	<b>19</b>	<b>642</b>	<b>1,312</b>

Fuente: Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER, 2013)

Con base en los datos del INER, el mayor potencial probado para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía<sup>1</sup> se encuentra en la energía eólica, seguido en orden de magnitud por la energía hidráulica en pequeña escala, la energía geotérmica y por último, con un potencial prácticamente igual, la energía proveniente de la biomasa y la energía solar.

El mayor potencial probable identificado, es decir, aquel que ya cuenta con estudios de campo, pero por sí solos no son suficientes para comprobar su factibilidad técnica y económica, corresponde al aprovechamiento de los recursos geotérmicos.

Finalmente, el mayor potencial posible identificado, es decir, el potencial teórico para el cual no existen ni estudios de campo u otros que permitan comprobar su factibilidad técnica y económica, ambiental y social se encuentra en la energía solar y eólica, seguidos por los recursos geotérmicos y de la biomasa.

Existe una zona privilegiada con gran capacidad eólica alrededor del Istmo de Tehuantepec, en el Estado de Oaxaca, en donde, a marzo del 2013, se generó el 97% de la energía eléctrica producida con turbinas eólicas del país (1,612 MW instalados produciendo 4,098 GWh por año). Otros estados que producen actualmente electricidad con turbinas eólicas son: Baja California (1,622 GWh/año), Chiapas (27 GWh/año), Coahuila (1,934 GWh/año), Nuevo León (990 GWh/año), Puebla (244 GWh/año), San Luis Potosí (620 GWh/año), Sonora (7 GWh/año), Tamaulipas (1,664 GWh/año) y, Veracruz (126 GWh/año) (Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), SENER, 2013). Sin embargo, existen más regiones con potencial eólico de mediana y gran escala ubicados en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Baja California Sur, Hidalgo y Zacatecas.

---

<sup>1</sup> Se considera al que cuenta con estudios técnicos y económicos que comprueban la factibilidad de su aprovechamiento

Respecto a la energía solar, una gran extensión del territorio nacional recibe irradiación solar global diaria, promedio anual, de alrededor de 5.5 kWh/m<sup>2</sup> (Prospectiva de Energías renovables 2012-2016). Este enorme potencial puede contribuir significativamente a la producción de electricidad.

Actualmente la administración del gobierno federal se ha fijado la meta de incorporar una mayor proporción de energías renovables en la matriz energética nacional, hasta alcanzar el 35% en la capacidad instalada de generación eléctrica para el año 2024 y 50% para el año 2050 (Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018).

## 2.2. Distribución del área de especialización en México

### 2.2.1. Relevancia económica, social y política del área de especialización en México

De acuerdo con la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE, Art. 3, Frac. II), las energías renovables “... son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.”

Las fuentes definidas para las energías renovables son: a) el viento, b) la radiación solar, c) el movimiento del agua en cauces naturales o artificiales, d) la energía oceánica

(maremotriz, marmotérmica, de las olas, de las corrientes marinas, y del gradiente de concentración de sal), e) el calor de los yacimientos geotérmicos, y f) los bioenergéticos.

La definición de las energías renovables puede darse en los siguientes términos:

**Energía Eólica:** es la energía del viento transformada en energía mecánica o eléctrica.

**Energía Solar:** es la energía proveniente de la radiación del sol y se divide, de acuerdo a la tecnología utilizada, en:

- a) Fotovoltaica: transformación de la radiación solar en electricidad a través de celdas, o paneles fotovoltaicos, construidos a base de dispositivos semiconductores.
- b) Solar de alta concentración: paneles parabólicos que concentran la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.
- c) Térmica: aprovechamiento de la radiación solar para la captación y almacenamiento de calor a través de colectores termosolares.

**Energía Hidráulica:** Genera electricidad a partir de la energía producida por el agua que corre al salvar el desnivel natural o artificial existente entre dos puntos.

**Energía Oceánica:** es la energía potencial contenida en el océano debido a corrientes marinas debidas, a su vez, a diversos factores como: viento, diferencias en temperaturas, y rotación de la tierra y mareas. Existen otras energías oceánicas debidas al gradiente térmico oceánico y al gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

**Energía Geotérmica:** Es la energía proveniente del núcleo de la Tierra en forma de calor. Fluye a través de fisuras en rocas y se acerca a la superficie, donde su acumulación depende de las condiciones geológicas del lugar. La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen, además, tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.

**Energía de Biomasa:** es la energía que se obtiene de residuos animales y vegetales. Como energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible (sólido, líquido o gaseoso). La bioenergía se ha utilizado tradicionalmente como combustible desde hace siglos. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento en la generación de electricidad o en la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.

En la Tabla 4 se muestra una clasificación general de las energías renovables, de acuerdo con su origen primario, su nivel de desarrollo y su aplicación. La mayoría de las fuentes de energía renovables tienen a la energía del sol como origen y por ello perdurarán por miles de años. Se puede observar que todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad.

**Tabla 4. Clasificación general de las energías renovables**

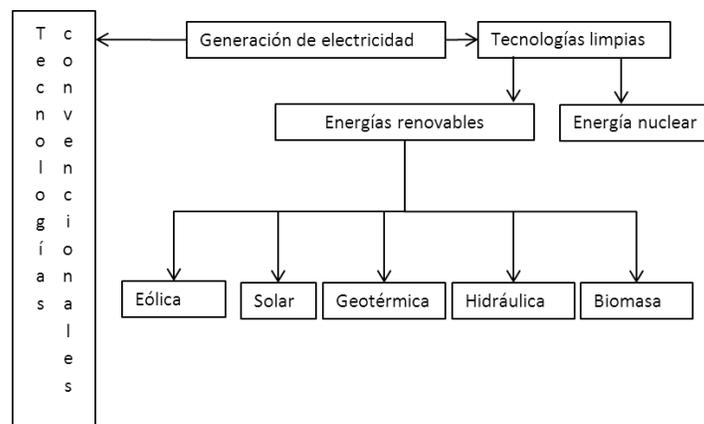
	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor	Combustibles líquidos
<b>Eólica</b>									
<b>Radiación Solar</b>									
<b>Hidráulica</b>									
<b>Bioenergía</b>									
<b>Geotermia</b>									
<b>Olas</b>									
<b>Mareas</b>									

Corrientes oceánicas									
Otras energías Oceánicas									

Fuente: (SENER, 2010. Energías Renovables, 2012.)

La ilustración 2 muestra un esquema de las energías renovables, enfocadas a la producción de electricidad dependiendo del tipo de fuente utilizada.

**Ilustración 2. Generación de electricidad por tipo de tecnología**



Fuente: (ProMéxico, 2013)

### 2.2.1.1 Capacidad eléctrica instalada en el país

Al año 2012, la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables fue de 14,501 MW, de los cuales el 86% fueron para servicio público y el 14% para permisionarios. La Tabla 5 muestra el desglose de capacidad instalada y en construcción de varios tipos de energías renovables al 2012.

**Tabla 5. Capacidad instalada en operación y en construcción de energías renovables, al 2012**

Tipo de energía	Capacidad instalada en operación (MW)	Capacidad autorizada en construcción (MW)
Eólica	1,289	2,460
Geotérmica	823	0
Hidráulica	11,707	289
Solar	37 <sup>2</sup>	156
Biomasa	645	100
Total	14,501	3,006

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE) / Comisión Reguladora de Energía (CRE). (ProMéxico, 2013)

#### 2.2.1.2. Capacidad instalada esperada al 2026 a partir de fuentes renovables

Se estima que para 2026, se alcanzará una capacidad total instalada superior a 30,000 MW para la generación de electricidad a partir de energías renovables. Se prevé un incremento de 20,544 MW (2012-2026) en la capacidad instalada existente, liderada por las energías eólica e hidráulica con una participación de 59% y 28%, respectivamente. Este pronóstico incluye las modalidades de servicio público, autoabastecimiento y generación distribuida. La Tabla 6 muestra la capacidad instalada adicional para la generación de electricidad proyectada para 2012 y 2026 desglosada por tipo de energía renovable.

Para satisfacer la demanda total de energía eléctrica al 2026, la CFE estima un incremento de 44,532 MW en la capacidad instalada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), incluyendo todo tipo de fuentes de energía (convencional y alternativas). El sector público planea instalar 8,531 MW en energías renovables, lo que representa el 19.2% del total nacional, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad 2012-2026 (MW)**

---

<sup>2</sup> Incluye proyectos fotovoltaicos de pequeña y mediana escala, principalmente para electrificación rural

Tipo de Energía	Servicio Público	Autoabastecimiento	Generación distribuida	Total	Participación
Eólica	3,219	8,352	461	<b>12,032</b>	59%
Hidráulica	4,771	701	139	<b>5,611</b>	27%
Solar					
- Fotovoltaica	6	752	1,170	<b>1,928</b>	9%
- Térmica	14	0	16	<b>30</b>	0%
Geotérmica	151	0	25	<b>176</b>	1%
Biomasa	0	422	345	<b>767</b>	4%
<b>Total</b>	<b>8,161</b>	<b>10,227</b>	<b>2,156</b>	<b>20,544</b>	<b>100%</b>

Fuente: PER 2012-2026/ Secretaría de Energía. (ProMéxico 2013)

**Tabla 7. Capacidad adicional del Sector Público 2012-2026 (MW)**

Energía	Proyectos terminados, en construcción o licitación	Licitación futura	Total
Hidráulica	750	3,881	4,631
Geotérmica	104	254	357
Eólica	1,115	2,408	3,523
Solar	20	0	20

Fuente: Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026, CFE (POISE 2012-2026 CFE). (ProMéxico, 2013)

El país tiene 253 centrales en operación y en construcción para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables. Los proyectos de Energías Renovables tienen presencia en el 90% de las entidades federativas del país; sin embargo, Oaxaca y Veracruz son los estados con mayor número de proyectos, eólicos y de bioenergía respectivamente.

Ilustración 3. Proyectos en operación y en construcción para la generación electricidad con Energías Renovables 2012



Fuente: CRE / CFE/ Medios electrónicos (ME), (ProMéxico, 2013)

México cuenta con una capacidad de 5,951 MW, tomando en cuenta las centrales en operación y en construcción. Los estados de Oaxaca, Baja California, Tamaulipas y Veracruz concentran cerca del 75% de la capacidad. Es importante señalar que por ley, la participación privada en proyectos hidroeléctricos sólo se permite en aquellos con capacidad instalada de hasta 30 MW.

En la Tabla 8 se presenta la capacidad instalada en operación y construcción al 2012 ahora presentamos un panorama actualizado en cada una de las fuentes de energías renovables así como las centrales instaladas y las principales empresas que operan en el país.

**Tabla 8. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW)**

Estado	Bioenergía	Eólica	Geotérmica	Hidráulica < a 30 MW	Solar <sup>3</sup>	Total
Oaxaca	33	2,499		39		<b>2,571</b>
Baja California		258	645	24	5	932
Tamaulipas	13	437				450
Veracruz	270	40		124		434
Nuevo León	28	274				302
San Luis Potosí	81	200			1	282
Michoacán	15		192	4		210
Jalisco	61			58	30	149
Chiapas	25	39		60		124
Puebla	15		52	39		106
Otros	205	2	10	118	156	492
<b>Total</b>	<b>745</b>	<b>3,749</b>	<b>898</b>	<b>467</b>	<b>192</b>	<b>6,052</b>

Fuente: CRE / CFE/ ME, (ProMéxico, 2013)

### 2.3.1. Principales empresas instaladas en México

Empresas trasnacionales proveedoras de equipo y desarrolladoras de proyectos consideran a nuestro país como un destino atractivo para invertir en el sector de Energías Renovables. Asimismo, empresas mexicanas han diversificado sus negocios hacia este sector con proyectos en pequeña escala, manufactura y comercialización de equipo.

<sup>3</sup> Se excluyen las centrales hidroeléctricas mayores a 30 MW. Las cifras están redondeadas.

Ilustración 4. Principales empresas de Energías Renovables con presencia en México



Fuente: Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) / BNEF / ME, (ProMéxico, 2013)



**acciona** La división de energía de esta empresa de origen español se dedica a la fabricación de aerogeneradores, desarrollo de proyectos, ingeniería, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones y venta de energía. De 2007 a 2011, Acciona ha instalado en México cuatro parques eólicos en Oaxaca, los cuales suman 556 MW de capacidad y una inversión cercana a 1,200 mdd. Dicha empresa tiene interés también en la producción de biocombustibles.



**IBERDROLA** Empresa española dedicada a la generación, distribución y comercialización de electricidad y gas natural. En México es el primer

productor privado en generación eléctrica, a través de tecnología eólica, nuclear y de ciclo combinado. En 2010, alcanzó cerca de 5,000 MW de capacidad instalada en el país.



Empresa francesa dedicada a la generación y distribución de energía eléctrica. En México desarrolló el proyecto “La Mata-La Ventosa” con una capacidad de 67.5 MW de capacidad instalada en Oaxaca.



Empresa danesa dedicada al desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de equipo eólico. Es el primer proveedor de aerogeneradores en el mundo. En México es proveedor de esta tecnología a diversos parques eólicos con cerca de 500 MW instalados.



Empresa española enfocada al diseño, fabricación, distribución e instalación de soluciones energéticas. Es uno de los principales fabricantes internacionales de aerogeneradores del mundo y líder en el sector de la fabricación, venta e instalación de turbinas eólicas. En México varios proyectos eólicos utilizan sus turbinas eólicas y actualmente desarrolla, en alianza con CISA, un proyecto de 314.35 MW en varias etapas en el estado de Oaxaca.



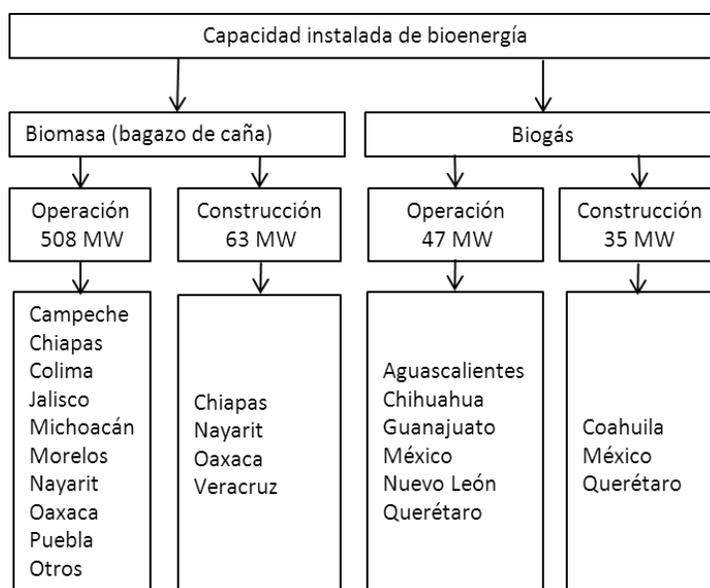
Subsidiaria de Panasonic Corporation cuenta con productos y servicios para el sector de energía, electrónicos y, ecología, entre otros. En la división de energía, la empresa ensambla módulos solares en el estado de Nuevo León, con una capacidad de producción de 75 MW al año (ProMéxico, 2013).

### 2.3.2. Por fuente de energía el panorama es el siguiente:

#### Biomasa

México tenía una capacidad instalada de biomasa, a marzo del 2013, de 642 MW (1,312 GWh/año), con infraestructura exclusiva del sector privado. Se estima un potencial posible de 3,642 MW (11,485 GWh/año) que puede ser aprovechado principalmente en proyectos de autoabastecimiento.

**Ilustración 5. Centrales de biomasa para la generación de electricidad**



Fuente: Comisión Federal de Electricidad /Comisión Reguladora de Energía, (ProMéxico, 2013).

#### Geotermia

México es el cuarto mayor productor mundial de geotermoelectricidad. Hay alrededor de 900 MW instalados y se prevé agregar 2,200 MW en los próximos años. El potencial

posible de la energía geotérmica en México es de alrededor de 10,951 MW (76,799 GWh/año).

**Tabla 9. Centrales geotérmicas para la generación de electricidad**

Central	Estado Actual	Capacidad instalada (MW) Servicio público	Ubicación
Cerro Prieto (I,II,III,IV)	En operación	570	Baja California
Los Azufres	En operación	192	Michoacán
Los Humeros	En operación	52	Puebla
Tres Vírgenes	En operación	10	Baja California Sur
<b>Total</b>		<b>824</b>	

Fuente: CFE, (ProMéxico, 2013).

## Solar

México tiene niveles de irradiación solar entre 5 y 6 kWh/m<sup>2</sup>/día en el 90% del territorio, el doble de la que recibe Alemania, país que ocupa a nivel mundial el primer sitio en capacidad instalada de tecnología solar fotovoltaica.

La electricidad producida por la capacidad fotovoltaica mundial instalada equivale a 16 centrales de carbón o reactores nucleares, evita la emisión de 53 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> cada año en el mundo. En México se proyecta una capacidad instalada de energía fotovoltaica de 1,500 MW para el año 2020 y, de 1,928 MW para el 2026.

La tabla 10 muestra la distribución de las principales centrales solares fotovoltaicas, ubicadas en México.

**Tabla 10. Centrales solares fotovoltaicas para la generación de electricidad, ubicadas en México**

Central / permisionario	Estado actual	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Tipo de servicio
Contratos de interconexión (pequeña y mediana escala)	En operación	32.0	-	Privado
Proyecto fotovoltaico (autoabastecimiento)	En operación	3.8	Aguascalientes	Privado
Proyecto fotovoltaico piloto Santa Rosalía	En operación	1.0	Baja California Sur	Público
<b>Total en operación</b>		<b>36.8</b>		
Proyectos fotovoltaicos (autoabastecimiento y pequeño productor)	En construcción	136.2	Aguascalientes	Privado
Proyecto fotovoltaico	En construcción	0.5	Durango	Privado
Proyecto fotovoltaico piloto Cerro Prieto	En construcción	5.0	Baja California	Público
<b>Total</b>		<b>178.5</b>		

Fuente: CFE/CRE/ SENER/ME, (ProMéxico, 2013).

La aplicación de energía solar en calentamiento de agua se ha ido incrementando en los últimos años en todo el país. Al 2006 se habían instalado más de 839,000 m<sup>2</sup> de calentadores solares de agua.

El potencial posible de energía solar es de 5, 000,000 MW (6, 500,000 GWh/año).

### **Eólica**

En 2013 se alcanzó una capacidad eólica instalada en todo el mundo de 318,000 MW, teniendo China, USA, Alemania, España e India el 75% de la capacidad total.

Aunque las turbinas eólicas instaladas actualmente generan solamente alrededor del 3.5% de la demanda de electricidad mundial, se espera que alcancen entre el 8% y el 12% al 2020. Sin embargo, la producción de electricidad con energía eólica en diferentes países se ha dado de una manera heterogénea, existiendo lugares en los que el porcentaje de producción de electricidad con energía eólica es alto. Dinamarca, por ejemplo,

actualmente suministra el 30% de su demanda de electricidad con energía eólica, y tiene proyectado suministrar el 50% para el año 2020, y el 100% para el año 2030.

México cuenta con un potencial eólico posible superior a los 50,000 MW (87,600 GWh/año) con factores de carga superiores al 20%. A marzo del 2013, México tenía una capacidad instalada de 1,612 MW (4,098 GWh/año), pero se proyecta incrementar un total de 12,032 MW al año 2026. Con ello, la capacidad instalada sería de 13,644 MW.

En términos generales, por cada kWh de energía eléctrica producida con energía eólica se evita la producción de 0.7 kg de CO<sub>2</sub>, si dicha energía se hubiera producido en plantas convencionales a base combustibles fósiles.

**Tabla 11. Centrales eólicas para la generación de electricidad 2012**

Central /permisionario	Estado Actual	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Tipo de servicio
Oaxaca I, II, III y IV	En operación	408.0	Oaxaca	Público
La Venta I,II y III	En operación	187.5	Oaxaca	Público
Guerrero Negro	En operación	1.0	Baja California Sur	Público
Yuumil'ilk	En operación	1.5	Quintana Roo	Público
-	En operación	691.1	Baja California, Chiapas y Oaxaca	Privado
<b>Total en operación</b>		<b>1,289.0</b>		
-	En construcción y por iniciar operaciones	2,460.0	Baja California, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz.	Privado
<b>Total</b>		<b>3,749.0</b>		

Fuente: (CFE / CRE, 2012), (ProMéxico, 2013)

Cada vez más empresas trasnacionales pertenecientes al sector de energías renovables prefieren invertir en México, considerándolo un destino atractivo y confiable. Desarrolladoras de proyectos y empresas proveedoras de equipo cuentan con presencia en el país. Así mismo, diversas firmas nacionales han entrado al mercado local en materia de desarrollo de proyectos en pequeña escala, manufactura y comercialización de equipo renovable y/o han decidido diversificar sus negocios hacia el sector de energía sustentable.

Existen diversos centros productivos en México; como ejemplo, por tipo de fuente y actividad, tenemos:

#### **Industria eólica**

- **Fabricación de generadores.** Potencia Industrial (empresa 100% mexicana ubicada en el Distrito Federal), produce generadores para turbinas Clipper que se exportan a los Estados Unidos.

La empresa de origen estadounidense Dynamik Kontroll fabrica también generadores en Guadalajara Jalisco.

- **Fábrica de palas.** Vientek, empresa conjunta de Mitsubishi y TPI Composites, produce palas en Ciudad Juárez para exportación al mercado eólico de los Estados Unidos.
- **Fabricación de torres.** Las empresas Trinity, Tubac, CS Wind, Speco, y Enertech Fabricaciones se encuentran produciendo torres de acero para el mercado eólico mexicano.
- **Otros componentes para energía eólica.** Las empresas Kaydon y Liebherr y Frisa fabrican baleros y rodamientos para la energía eólica.

## Industria solar

- **Plantas de producción de módulos solares fotovoltaicos.** Las empresas extranjeras Kyocera, Sanyo (Japón), Jabil Circuit (Estados Unidos) y las mexicanas Solartec y ERDM Solar tienen plantas de manufactura que abastecen el mercado local y el extranjero.

---

### 2.3.3. Energías renovables en el estado de Zacatecas

- Con una extensión territorial de 75,000 km<sup>2</sup>, el estado puede dividirse en tres zonas: la zona norte, caracterizada por un clima seco desértico, la zona centro, caracterizada por un clima seco semidesértico y templado semidesértico, y la zona sur, caracterizada por un clima seco semidesértico, templado semidesértico y templado subhúmedo.
- No existen zonas de geotermia para el desarrollo de plantas geotérmica, ni existen ríos importantes, por lo que el potencial de sistemas de micro hidráulica es muy bajo. En la región centro y sur del estado hay cierto desarrollo de agricultura y ganadería, por lo que puede darse cierta explotación de biogás con desechos agrícolas y de desechos animales. Sin embargo, el potencial de las energías renovables se concentra sobretodo en la energía eólica y la energía solar para aplicaciones fototérmica y fotovoltaica.
- Existen regiones en el estado, identificadas a través de mediciones de estaciones agronómicas extrapoladas a 50 m de altura sobre nivel de piso, con densidades de potencia eólica, promedio anual, desde los 100 W/m<sup>2</sup> hasta los 400 W/m<sup>2</sup>. Algunas de las regiones con mayor densidad de potencia se encuentran en los alrededores de la capital del estado (Cerro de la Virgen), en Rancho Grande,

Fresnillo, y en el municipio de Sombrerete (Aplicación y Desarrollo de Sistemas de Energías Eólica y Solar en el Estado de Zacatecas, 2011).

- Respecto al potencial solar, en la mayor parte del estado se recibe un muy buen nivel de insolación, teniendo regiones con valores promedio anual que van desde 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/día hasta 5.6 kWh/m<sup>2</sup>/día, debido a que se cuenta con un buen número de días con sol. Esto significa que, en una superficie de 5 m<sup>2</sup> de paneles fotovoltaicos que tengan 10% de eficiencia, es posible generar, en promedio diario, 2.5 kWh de energía eléctrica. Dicha cantidad, es la energía eléctrica consumida por una casa habitación modesta. Dado que el estado cuenta con grandes extensiones territoriales en áreas desérticas o semidesérticas, al recibir el potencial solar, las convierte en áreas óptimas para el desarrollo de plantas fotovoltaicas.
- Existen actualmente varios proyectos de parques eólicos y solar-fotovoltaicos de mediana y gran escala a instalarse en el Estado, propuestos por la iniciativa privada, pero aún no hay alguno concluido. El propósito es contar con energía eléctrica producida con energía renovable para abastecer parte del sector industrial de Zacatecas y posiblemente a gobiernos municipales, a través de la gestión de inversiones privadas y públicas.
- No obstante, desde mediados del 2012 están en funcionamiento, en las instalaciones del Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación, un sistema fotovoltaico de 180 kW de capacidad (ilustración 5) y un aerogenerador de 20 kW de capacidad (ilustración 6), con eje vertical, de tres aspas, ambos conectados a la red eléctrica, suministrando energía para el autoconsumo. A fines del 2012 se instaló también un sistema fotovoltaico de 200 kW, para autoconsumo, en las instalaciones del aeropuerto ubicado en Calera, Zacatecas.

**Ilustración 6. Planta fotovoltaica de 180 kW de capacidad en instalaciones del COZCYT, en Zacatecas**



**Ilustración 7. Aerogenerador de 20 kW de capacidad en instalaciones del COZCYT, en Zacatecas**



### 2.3. Posicionamiento del estado en el área de especialización

En términos generales, en el estado de Zacatecas existen diversas regiones privilegiadas para el aprovechamiento de energía solar y eólica para la producción de electricidad a pequeña, mediana y gran escala. Sin embargo, como ocurre actualmente en todo el territorio nacional, la evaluación del potencial de sus recursos renovables está en proceso, se tienen hasta ahora mediciones meteorológicas en diversas regiones del estado con resultados interesantes pero que siguen evaluándose. A pesar de existir reportes de valoraciones del recurso eólico en la región de Zacatecas, de fuentes internacionales

(México Wind Resource Assesment Project, 1995), aun la misma Secretaría de Energía no reporta valores del potencial de esos recursos energéticos en el Inventario Nacional de Energías Renovables.

En la región del Cerro de la Virgen, en los alrededores de la capital del Estado, por ejemplo, se han reportado mediciones meteorológicas que arrojan un valor de velocidad promedio anual de viento de 7.7 m/s a 80 m sobre el nivel de piso, con una densidad de potencia eólica, promedio anual, de hasta 400 W/m<sup>2</sup>, suficiente para producción de electricidad a mediana y gran escala (Aplicación y Desarrollo de Sistemas de Energías Eólica y Solar en el Estado de Zacatecas, 2011).

Asimismo, la región central del Estado de Zacatecas tiene un índice de irradiación solar global diaria, promedio anual, de 4.65 kWh/m<sup>2</sup> (1,700 kWh/m<sup>2</sup> por año), pero en la región norte del Estado, este índice alcanza valores hasta de 6 kWh/m<sup>2</sup> (Aplicación y Desarrollo de Sistemas de Energías Eólica y Solar en el Estado de Zacatecas, 2011).

## 2.4. Principales tendencias de innovación en el área de especialización a nivel mundial

A nivel global, el sector de energías renovables tiene una capacidad instalada total de 1,471 Gigawatts (GW), la Tabla 12 de este documento muestra los principales países en este sector, su capacidad instalada y las inversiones realizadas.

**Tabla 12. Capacidad instalada (GW) e inversión en miles de millones de dólares de los principales países productores (Inversión en energías renovables)**

País	Capacidad instalada (GW)	Inversiones en miles de millones de dólares (mmd)
Canadá	11.4	4.2
Estados Unidos	132.8	34.2
Brasil	16.1	5.3
Alemania	70.9	19.8
Reino Unido	15.3	8.8
Francia	13.9	4.6
España	34.2	2.9
Italia	31.2	14.1
India	28.3	6.4
China	152.3	64.7
Japón	26.9	16

Fuente: (ProMéxico, 2013)

Asimismo, a nivel global las inversiones en energías renovables en el 2012 fueron de aproximadamente 244 mmd distribuyéndose como muestra la siguiente tabla

**Tabla 13. Inversiones renovables por sector (mmd 2012)**

Energía Renovable	Países desarrollados	Países en desarrollo
Solar	88.7	51.7
Eólica	35.0	45.3
Hidráulica <sup>4</sup>	0.3	7.5
Biomasa	3.9	4.7
Geotermia	0.6	1.4
Biocombustibles	3.8	1.2
Mareomotriz	0.3	0.01

Fuente: (ProMéxico, 2013)

---

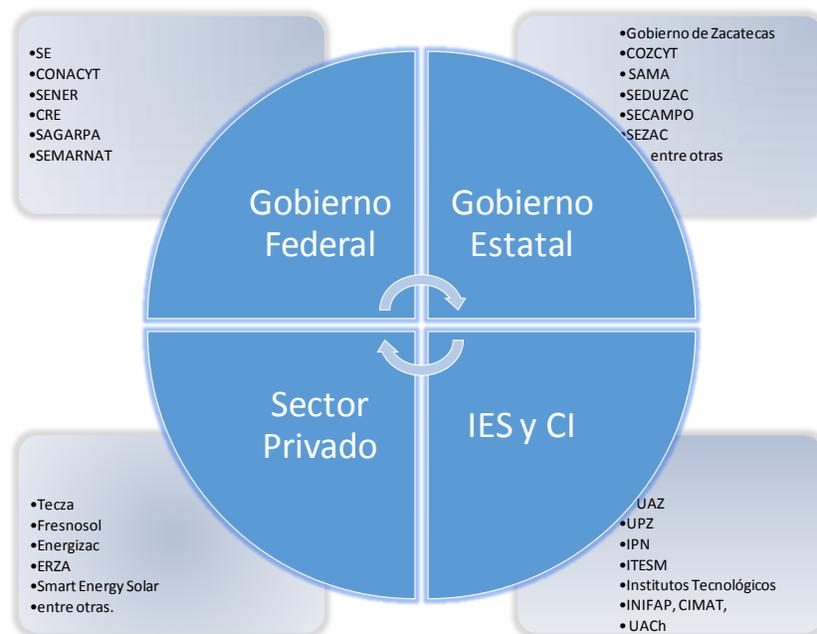
<sup>4</sup> Hidráulicas menores a 50 MW de capacidad instalada.

### 3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN PARA EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El ecosistema de innovación del sector Energías Renovables en México se integra por diversos actores, entre los que destacan: el gobierno, mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de los diversos subsectores; las Instituciones de Educación Superior (IES), y Centros de Investigación (CI).

#### 3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

Ilustración 8. Ecosistema de Innovación del Área Energías Renovables en Zacatecas



Fuente: CamBioTec, 2014

## 3.2. Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación

En el Estado hay varias Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación (CI) que preparan recursos humanos en áreas relacionadas con las energías renovables. La Universidad Autónoma de Zacatecas ha trabajado con empresas del sector y ha colaborado en diversos proyectos de diferentes fondos y programas. La capacidad para actividades futuras en el resto de las IES se ha venido incrementando en los últimos años.

### 3.2.1. Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación

La Tabla 14 muestra un listado de las IES y CI relacionados con el sector de energías renovables.

**Tabla 14. IES y CI relacionados con el sector de energías renovables**

Programa Educativo	Institución
Ingeniería Industrial	Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente
Ingeniería Industrial	Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo
Ingeniería Industrial	Instituto Tecnológico Superior de Loreto
Ingeniería Ambiental	Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo
Ingeniería Electromecánica	Instituto Tecnológico de Zacatecas
Ingeniería en Biotecnología	Universidad Politécnica de Zacatecas
Ingeniería en Energía	Universidad Politécnica de Zacatecas
Ingeniería Eléctrica	Universidad Autónoma de Zacatecas

Programa Educativo	Institución
Ingeniería Mecánica	Universidad Autónoma de Zacatecas
Ingeniería Mecatrónica	Universidad Autónoma de Zacatecas
Ingeniería Química	Universidad Autónoma de Zacatecas
Licenciatura en Ciencias Ambientales	Universidad Autónoma de Zacatecas
Maestría en Ciencias de la Ingeniería, opción Energías Renovables y Ciencias Ambientales	Universidad Autónoma de Zacatecas
Ingeniería en Energías Renovables	Universidad Tecnológica de Zacatecas
Ingeniería Mecatrónica	Universidad Tecnológica de Zacatecas

Fuente: CamBioTec, 2014

“Las IES y los CI contribuyen a la creación de una masa crítica con la capacidad de utilizar el conocimiento en diferentes campos, y con la capacidad de crear nuevo conocimiento susceptible de coadyuvar al desarrollo socioeconómico del Estado”. (Villavicencio et al., 2012: 242).

### 3.3. Empresas líderes en el estado de Zacatecas

Existen pocas empresas dedicadas al sector de las energías renovables en el estado, están enfocadas principalmente a los sistemas solar térmico, para calentamiento de agua y solar fotovoltaico, a escala de micro empresa. La Tabla 15 muestra un listado de las principales empresas.

**Tabla 15. Empresas líderes en el estado en el sector de energías renovables**

<b>Empresa</b>	<b>Descripción de actividad</b>
TECZA. Energías Renovables	Energía solar, térmica y fotovoltaica
Fresnosol. Sistemas de Energía Solar	Sistemas termosolares
Energizac (Energía Solar Zacatecas)	Sistemas termosolares
Energías Renovables de Zacatecas (ERZA)	Ahorro de gas y energía
SMART ENERGY SOLAR	Calentadores Solares
Electrotecnia	Instalación de sistemas fotovoltaicos y eólicos

**Fuente: CamBioTec, 2014**

---

### 3.3.1. Asociaciones que agrupen a las empresas del sector

Las principales asociaciones, mostradas en el siguiente listado, han sido la referencia de agrupación de empresas del sector de energías renovables en el Estado.

- Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (AMDEE).
- Asociación Mexicana para la Economía Energética (AMEE).
- Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. (ANES).
- Red Mexicana de Bioenergía A.C. (REMBIO).

---

### 3.3.2. Clústeres, parques industriales y/o programas de fomento al sector existentes en el estado de Zacatecas

Actualmente no existe un clúster en el Estado dedicado al fomento de las energías renovables.

## 3.4. Evolución de apoyos en el área de especialización

El apoyo gubernamental ha sido una pieza clave para el sector de las energías renovables. El COZCYT, junto con CFE y otras instancias de gobierno a nivel estatal, han contribuido a promover e impulsar varias actividades relacionadas. Con diversos apoyos federales y estatales, de entidades mostradas en el siguiente listado, ha sido posible financiar diferentes proyectos enfocados al sector de energías renovables.

- Secretaría de Economía del Estado de Zacatecas
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
- Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT)
- Secretaría de Agua y Medio Ambiente de Zacatecas (SAMA)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Comisión Reguladora de Energía (CRE)
- ProMéxico Zacatecas

---

### 3.4.1. Análisis de la política pública estatal de apoyo al sector

La política pública del Estado de apoyo al sector de Energías Renovables, ha estado encabezada principalmente por el Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT), coordinado con diversas entidades gubernamentales (CONACYT, CFE, IIE, SENER) e Instituciones de Educación Superior públicas y privadas (UAZ, UNAM, IPN, ITESM).

Ese apoyo ha sido significativo durante los últimos dos sexenios, a través de diversas actividades como: organización y coordinación de eventos científico-académicos, convocatoria para el desarrollo de proyectos con fondos sectoriales y fondos mixtos, y apoyo en la formación de recursos humanos. Los resultados del apoyo de la política pública han producido gran impacto en la visión que la sociedad tiene actualmente sobre el sector de Energías Renovables.

Las líneas de acción que se han promovido para el desarrollo urbano bajo nuevos enfoques, aprovechando energías alternas son los siguientes:

- Fomento del uso de energías alternativas, solares y eólicas, entre otras, en las edificaciones públicas para beneficio de nuestro entorno.
- Estímulo al uso de fuentes de energía alternas en las edificaciones e instalaciones productivas privadas para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la entidad.
- Fomento a las edificaciones bioclimáticas, verdes o sustentables.
- Generación de mecanismos para promover proyectos de urbanización ecológica.

## 4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

Con base en la revisión documental integrada en el diagnóstico sectorial para esta área de especialización en Zacatecas y con la información obtenida en el trabajo de campo a partir de las entrevistas, visitas a actores sectoriales y realización de talleres, el análisis FODA sobre energías renovables se ilustra a continuación.

### 4.1. Fortalezas

- Recursos humanos calificados
- Operación en el Estado de centros de investigación de calidad, principalmente para geotermia y sistemas eléctricos
- Existencia de la Ley de Energías Renovables
- Existencia de la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación
- Operación de empresas privadas activas en el sector

### 4.2. Oportunidades

- Mercado creciente de energía
- De cooperación con Estados Unidos de Norteamérica
- Nueva legislación del sector que establece estímulos a la inversión
- Amplia aceptación social
- Un gobierno que busca impulsar este sector como palanca de competitividad

### 4.3. Debilidades

- Carencia de recursos humanos calificados para eslabones específicos de la cadena de valor
- Escasos recursos estatales para fomentar la investigación, la innovación y la creación de nuevas empresas
- Regulación inadecuada para el fomento de proyectos innovadores en la industria
- Escasa vinculación de los oferentes de conocimiento con las empresas
- Infraestructura tecnológica escasa y concentrada en pocas instituciones
- Falta de instrumentos financieros de riesgo para promover la innovación
- Escasa experiencia en innovación industrial
- Baja transferencia de tecnología

### 4.4. Amenazas

- La posibilidad de que las empresas que inviertan sigan la filosofía de plantas llave en mano, sin insumos tecnológicos locales
- Aumento de la dependencia energética del estado en virtud de la apertura del mercado eléctrico
- Dependencia tecnológica de países desarrollados
- Posibilidades de fuga de talento por el diferencial de salarios frente a Estados Unidos

## 5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

La elaboración de la Agenda Estatal de Innovación del Área Energías Renovables en Zacatecas, se sustenta en la metodología de Estrategias de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente RIS3 (por sus siglas en inglés). Esta metodología plantea utilizar los recursos locales de forma eficiente con la colaboración y consenso de las autoridades nacionales y regionales, para crear estrategias de desarrollo en innovación e investigación que permitan el crecimiento y desarrollo económico de un territorio.

La RIS3 permite: i) Identificar las características, fortalezas y activos exclusivos de cada entidad o región; ii) Destacar ventajas competitivas; iii) Involucrar actores y recursos regionales en torno a una visión de excelencia de su futuro; iv) Fortalecer los sistemas regionales de innovación; v) Maximizar los flujos de conocimiento; y vi) Responder a retos económicos y sociales. (FUMEC, 2014).

El uso de esta metodología permitió desarrollar un plan de trabajo que consistió en realizar investigación documental, a través de revisión bibliográfica, hemerográfica, bases de datos y estadísticas; así como analizar información primaria obtenida mediante la realización de reuniones de trabajo, entrevistas, visita a empresas y talleres con los actores representantes de los sectores: gobierno, empresa y academia del Estado.

La información que se obtuvo permitió identificar las necesidades o deficiencias del sector, mediante el análisis de la prospectiva tecnológica para energías renovables a nivel mundial. Con base en lo anterior, se plantearon líneas de innovación sobre áreas de especialización identificadas para este sector en Zacatecas. Posteriormente, el trabajo de campo proporcionó información muy valiosa, se priorizaron las líneas de innovación y se

establecieron proyectos específicos incluidos en la agenda para su desarrollo en áreas seleccionadas. (Ver ilustración 9).

**Ilustración 9. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial**



**Fuente: CamBioTec, 2014**

De forma complementaria a la revisión documental, los resultados directos de los talleres sectoriales reflejaron una serie de problemáticas y oportunidades en materia de innovación para el área, que pueden solucionarse mediante su implementación en los procesos, productos, comercialización u organización. A continuación se presenta la relación de estos resultados y las propuestas de innovación para el desarrollo económico de Energías Renovables en Zacatecas. (Ver tabla 16).

**Tabla 16. Identificación de los problemas y propuestas de innovación en Energías Renovables.**

Problema del sector	Causa del problema	Impacto del problema	Propuestas de innovaciones para solucionar los problemas
El costo de energía utilizada en los procesos de producción es muy alto.	La generación de energías renovables no ha tenido suficiente impulso para cubrir la demanda principalmente del sector primario	Los costos de la producción agropecuaria en materia de energía son muy altos.	Establecer tecnologías en fuentes basadas en energías renovables y establecer interconexión con otros sectores. Otorgar incentivos fiscales. Establecer programas de desarrollo e investigación en este sector con las instituciones de educación superior. Identificar los beneficios de establecer en el Estado programas para generar energías renovables.

Fuente: CamBioTec, 2014, con base en los talleres sectoriales en Zacatecas, 2014

De acuerdo con el trabajo de campo y de gabinete, se define el objetivo sectorial para Energías Renovables de Zacatecas:

- *Identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación que potencialicen la competitividad del área; para ello se toma en cuenta la vocación del estado y las oportunidades de mercado nacional e internacional que se vislumbran.*

## 6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

Los nichos de especialización de energías renovables en el Estado de Zacatecas, se identificaron con base en el diagnóstico del sector y del análisis de resultados de la información que proporcionaron los actores sectoriales, participantes de las actividades que se realizaron.

De acuerdo con las condiciones económicas, capacidades técnicas, profesionales y el aprovechamiento de recursos locales; así como de los resultados obtenidos en los talleres del sector, los nichos de especialización identificados para esta área son:

**Tabla 17. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Energías Renovables de Zacatecas.**

Nicho de especialización	Justificación (oportunidad que aborda o problema que soluciona)	Objetivos tecnológicos
Sistemas de Conversión Electrónica	El elevado costo de energía merma en las utilidades en los procesos de producción, por ello, se plantea con este nicho, el aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de sistemas de conversión electrónica de estado sólido (rectificadores, controladores de carga, inversores) enfocados en la mejora de su eficiencia.</li> <li>• Fortalecer e incrementar la infraestructura estratégica del estado para la generación y ampliación del conocimiento y la formación de capital humano especializado en las áreas del sector.</li> <li>• Diseño de experimentos para pruebas.</li> <li>• Agregar valor a las empresas del sector de Energías Renovables, incorporando los productos obtenidos de proyectos de innovación (asimilación de conocimientos tecnológicos y la implementación de prototipos).</li> </ul>
Energía Solar	Zacatecas es de los estados con mayor índice de radiación solar, por ende, se pretende la generación de este tipo de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de tecnología propia (depósito de películas delgadas) para</li> </ul>

	energía para ser utilizada en las distintas actividades económicas del estado.	la fabricación de celdas fotovoltaicas de menor costo.
Agroindustria Alimentaria	La producción agropecuaria y agroindustrial se ven seriamente limitadas por los elevados costos de energía, debido a ello, se espera que el uso de energías renovables contribuya en la disminución de costos e incremento en su productividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de tecnologías para la generación energía renovable aplicable al sector agroindustrial.</li> <li>• Desarrollo de colectores solares para deshidratación de productos agrícolas y calentamiento solar de agua y aire. Sistemas integrados.</li> </ul>

**Fuente: CambioTec, 2014, con información del análisis sectorial y de trabajo de campo**

Una vez seleccionados los nichos de especialización, es conveniente determinar los objetivos de éstos, los cuales están encaminados a apoyar el desarrollo del área energías renovables en la entidad:

- Generar energía renovable a bajo costo, la cual se empleará para uso productivo y para uso doméstico en la entidad.
- Lograr un aprovechamiento óptimo de energías renovables para la producción agrícola y agroindustrial del estado.

## 7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE PROYECTOS

Los proyectos estratégicos se caracterizan por contribuir al desarrollo de un nicho de especialización o de estructuración, atendiendo una demanda estatal o regional. Su ejecución debe vincular a varias instituciones, así como puede implicar un alto volumen de recursos financieros.

A continuación se presenta la descripción de los proyectos y la ilustración general del mapa de ruta respectivo por cada Nicho en el Área de Especialización en Energías Renovables de Zacatecas.

### 7.1. Descripción de Proyectos

---

#### 7.1.1. Desarrollo de sistemas de convertidores electrónicos de estado sólido para sistemas de Energías Renovables.

**Objetivo del proyecto:** Generar energía suficiente para reducir los costos de producción en la entidad a través de la producción de energías renovables. El proyecto pretende poner en marcha un laboratorio de electrónica de potencia, especializado en el desarrollo de prototipos convertidores, aplicados a las energías renovables.

**Justificación del proyecto:** Los altos costos de energía en el estado, obligan a esta área a desarrollar tecnologías que permitan disminuir los costos de producción y cubrir la necesidad de un insumo que es indispensable para toda actividad económica y social. Por ello, la importancia de crear sistemas electrónicos que contribuyan a generar energía.

**Descripción del proyecto:** El laboratorio permitirá desarrollar componentes que maximicen la potencia, reduzcan de peso y mejoren la fiabilidad de sistemas con energías renovables. Además coadyuvará a la construcción y evaluación de prototipos de baja potencia en el que el sistema mecánico, sistema de regulación de potencia, generador eléctrico y convertidor de potencia, estén específicamente diseñados y optimizados para zonas rurales de la región.

Este proyecto puede estar bajo la coordinación del CIMAT en colaboración con la UAZ, así mismo podrán participar otras IES y CI vinculados con empresas para la formación de capital humano, siguiendo los lineamientos y necesidades del área.

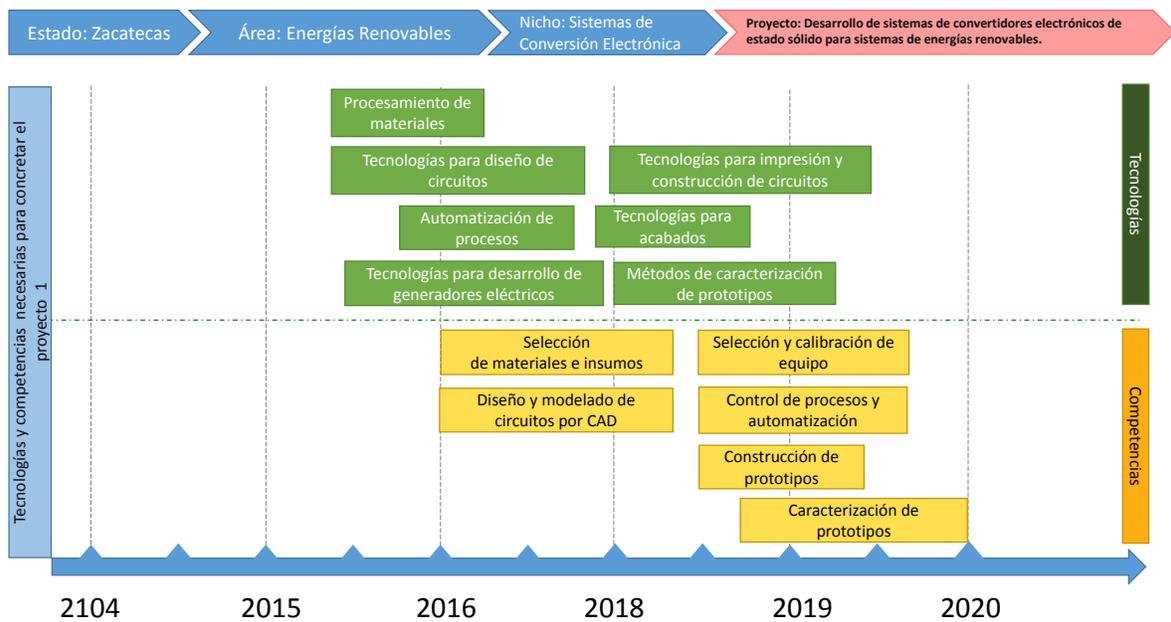
Dependencias como COZCYT, SEZAC, CEDEZ, SENER, CRE, entre otras, son fundamentales para la puesta en marcha de este proyecto.

Los factores críticos de éxito considerados para el buen funcionamiento de este proyecto son:

- Implementar programas de fomento al desarrollo tecnológico en el área de energías renovables.
- Creación de programas de vinculación industria-industria y academia-Industria para la mejora del capital humano. La vinculación generará planes integrales y estrategias en pro del desarrollo del sector.
- Definir estrategias de crecimiento industrial mediante la unión de las empresas, es decir, la creación de un clúster que defina necesidades en común.

- Participación en actividades que se realicen en la cadena productiva.
- Otorgar becas a estudiantes de posgrados vinculados al sector.
- Reforzar la interacción y promover mayor vinculación entre industria-academia-centros de investigación, enfocada a proyectos de innovación y desarrollo de tecnologías limpias.
- Otorgamiento de fondos para el desarrollo tecnológico de la industria. Así como la creación de un fondo de recursos, para la promoción de inversión destinado específicamente a las energías renovables.

**Ilustración 10. Mapa de ruta del proyecto: Desarrollo de sistemas de convertidores electrónicos de estado sólido para sistemas de Energías Renovables.**



Fuente: CamBioTec, 2014

---

### 7.1.2. Creación de un laboratorio de caracterización de materiales para el desarrollo y prueba de celdas solares y paneles fotovoltaicos.

**Objetivo del proyecto:** Promover el aprovechamiento óptimo de los recursos renovables del estado, para la generación de energía solar (celdas solares y paneles fotovoltaicos).

**Justificación del proyecto:** Zacatecas es uno de los principales estados con mayor radiación solar, dado esto, es posible el desarrollo de energía utilizando el conocimiento, tecnología y personal especializado en la materia. Este proyecto se considera de corte *transversal*, ya que la generación de energía a través de un recurso renovable, podrá ser utilizada en los procesos productivos de los demás sectores económicos y actividades de la población.

**Descripción del proyecto:** Por medio del uso de tecnologías conocidas como activas, pasivas, térmicas, etc., aplicadas mediante diversas técnicas, se crean los sistemas que propician de forma efectiva la generación de energía. Para los asistentes a los talleres de esta área, es muy importante aprovechar las características de radiación que presenta el estado, ya que ven en ella una ventaja competitiva muy importante que debería ser explotada por empresas locales. Sin embargo, la falta de articulación entre los agentes que participan en este nicho limita su capacidad de actuación. Por ello, será relevante para la entidad desarrollar esta iniciativa.

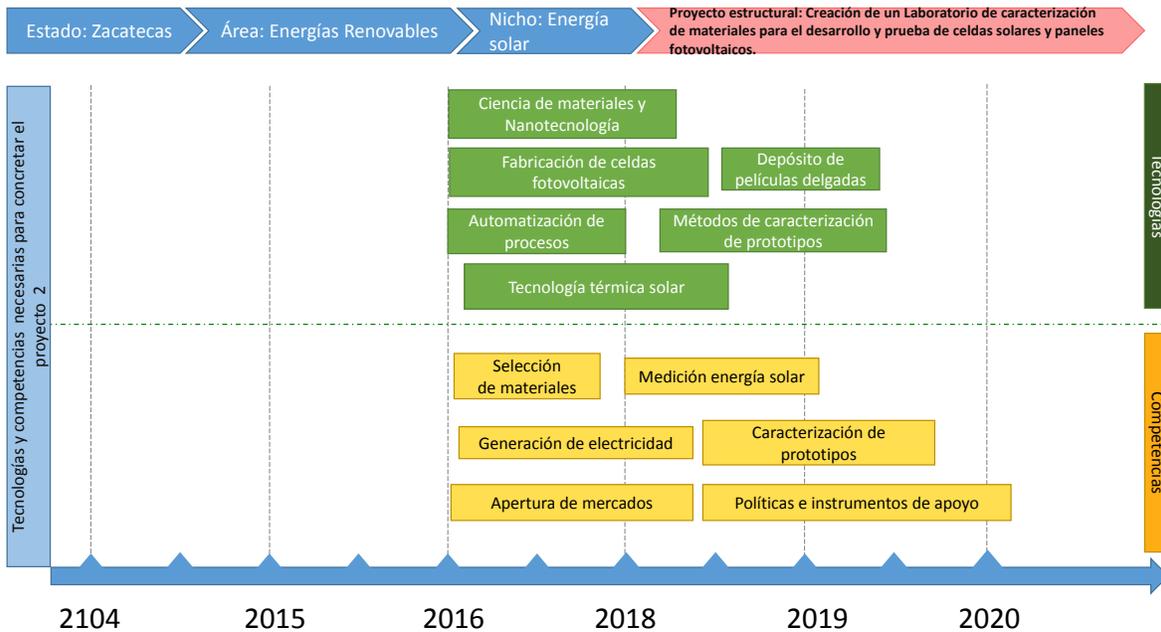
El laboratorio estará diseñado bajo criterios educativos y constituido por elementos básicos para el estudio de las diferentes aplicaciones fotovoltaicas autónomas. Uno de los propósitos de este proyecto, será la formación de personal altamente especializado acorde a las necesidades del área de especialización, donde participen empresas, IES y CI.

El proyecto podría estar bajo la coordinación la UAZ y el INIFAP. También podrán colaborar otras IES y CI para fortalecer los vínculos entre sus participantes generando una red de conocimiento.

Algunos de los factores críticos de éxito considerados para la realización del proyecto son:

- Formación de personal altamente especializado.
- Creación de carreras enfocadas al estudio de los recursos renovables.
- El apoyo de los tres órdenes de gobierno mediante programas y financiamientos.
- Mayor vinculación entre los actores participantes de la triple hélice.
- Colaboración de la administración pública como facilitador.
- Implementar normas de seguridad y buenas prácticas.
- Financiamiento público y privado a mediano y largo plazo.

**Ilustración 11. Mapa de ruta del proyecto: Creación de un Laboratorio de caracterización de materiales para el desarrollo y prueba de celdas solares y paneles fotovoltaicos.**



Fuente: CamBioTec, 2014

### 7.1.3. Programa de aprovechamiento de energías renovables en la producción agrícola

**Objetivo del proyecto:** Fomentar el uso de energías renovables en la producción agrícola y agroindustrial del estado, mediante el desarrollo de tecnologías integrales amigables con el medio ambiente que permitan reducir los costos de producción. En este caso, se considera este proyecto transversal al área de Agroindustria Alimentaria, por el interés del sector en utilizar las energías renovables -entre otras actividades- para el secado del chile.

**Justificación del proyecto:** El costo por la electricidad en el sector agroindustrial es elevado, debido a ello, se precisa la generación de energías renovables sustentables para disminuir los costos e incrementar la producción en el sector primario.

**Descripción del proyecto:** Se estima que utilizar energías renovables (en este caso la solar) en actividades productivas del sector agropecuario y agroindustrial, permitirá reducir sus costos de producción, situación que impactará positivamente en los productores participantes del taller en esta área, en este sentido también es considerado de corte transversal a agroindustria.

Por ende, el proyecto se centrará en generar conocimiento, tecnología, transferencia de tecnología y formación de capital humano, con el propósito de articular y fortalecer a los actores que participan en el ecosistema de innovación de este nicho.

Cabe resaltar que la generación de electricidad es igual de importante para todos los sectores de la sociedad, sin embargo, el proyecto se enfoca básicamente al uso que tendrá en la agroindustria.

Aun cuando la energía eléctrica generada sea para la producción del campo y añadir valor a los productos que de él emanan, también se puede utilizar para el bombeo de agua en zonas semi-desérticas.

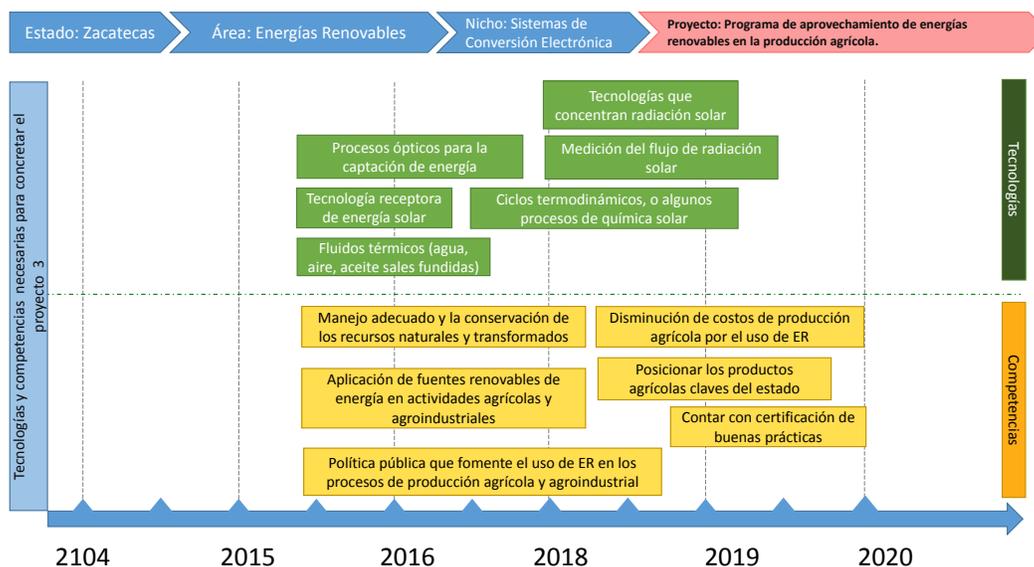
Es necesario contar con un CI o laboratorio que incorpore nuevas tecnologías y conocimiento sobre el aprovechamiento de los recursos energéticos en las distintas áreas económicas, en particular en la agroindustria alimentaria, esto brinda una posibilidad de que el estado se convierta en un polo de desarrollo tecnológico, al potencializar el uso de energías limpias y renovables en las actividades productivas más importantes de la entidad. En este sentido, para aprovechar la infraestructura y el trabajo multidisciplinario de sus especialistas, la coordinación del proyecto puede estar a cargo de la Unidad de Energías Renovables y Ciencias Ambientales de la UAZ, en colaboración con otras IES, CI y

empresas. Esto permitirá formar nuevos especialistas altamente capacitados a través de sus programas de licenciatura y posgrado, acordes a los lineamientos del proyecto y área de especialización.

Los factores críticos de éxito que se consideraron para el buen funcionamiento de este proyecto son:

- Capital humano altamente especializado.
- Tecnificación de los procesos productivos.
- Disponibilidad y uso racional de los recursos.
- Desarrollo de gestión empresarial.
- Enfoque en la reducción de los costos de insumos como en la energía.
- Contar con certificación de buenas prácticas.
- Contar con infraestructura e instalaciones adecuadas.
- Participación del gobierno federal, estatal y municipal como facilitadores.
- Contar con una política y programas de fomento orientada al sector.

### Ilustración 12. Mapa de ruta del proyecto: Programa de aprovechamiento de energías renovables en la producción agrícola



Fuente: CamBioTec, 2014

## 7.2. Matriz de proyectos

Tabla 18. Matriz de proyectos del Área de Especialización en Energías Renovables de Zacatecas

Nicho de Especialización	Proyecto y tipo (Prioritario/ Complementario)	Descripción	Potenciales fuentes de financiamiento
<b>Sistemas de Conversión Electrónica</b>	Desarrollo de sistemas de convertidores electrónicos de estado sólido para sistemas de Energías Renovables.	P Diseño y puesta en marcha de un laboratorio de electrónica de potencia, especializado en el desarrollo de prototipos convertidores, aplicados a las energías renovables. Los componentes de innovación para realizar este proyecto son: diseño, modelado y construcción de prototipos convertidores (rectificadores, controladores de carga e inversores)	FOMIX, PEI, INADEM, ProMéxico, SENER

			aplicados a las energías renovables.	
<b>Energía Solar</b>	Creación de un laboratorio de caracterización de materiales para el desarrollo y prueba de celdas solares y paneles fotovoltaicos.	<b>P</b>	Lograr un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales del estado, para la generación de energía solar (celdas solares y paneles fotovoltaicos). Los componentes para el funcionamiento del proyecto son: el uso de tecnologías activas, pasivas y térmicas a través de distintas técnicas, celdas solares, paneles, etc.	FOMIX, PEI, INADEM, ProMéxico, SENER
<b>Agroindustria Alimentaria</b>	Programa de aprovechamiento de Energías Renovables en la producción agrícola.	<b>P</b>	Fomentar el uso de energías renovables en la producción agrícola del estado, mediante el desarrollo de tecnologías integrales amigables con el medio ambiente que permitan reducir los costos de producción. Los componentes de innovación para la realización del proyecto son: el desarrollo de tecnologías para la generación de electricidad de uso agrícola y agroindustrial, capacitación en el manejo de las nuevas tecnologías, generación de nuevo conocimiento en el proceso de asimilación y transferencia de tecnología.	FOMIX, INADEM, ProMéxico, SAGARPA, Fundación Produce, SENER

Fuente: CamBioTec, 2014

### 7.3. Propuestas para fortalecer el sistema estatal de innovación en el área Energías Renovables

Un tema esencial para que exista una ejecución adecuada de la Agenda de Innovación es fortalecer la formación de recursos humanos y su especialización. La formación será óptima en el momento en que los recursos humanos puedan incorporarse en proyectos de investigación relevantes, por lo que es de gran trascendencia que la agenda vaya acompañada de apoyos públicos para becas e investigación.

Se considera que es muy importante cambiar el marco de referencia del sistema y establecer incentivos claros para la vinculación para los investigadores de las instituciones públicas que incluyan estímulos económicos a la innovación para los académicos y un sistema de evaluación académica que tome en cuenta los proyectos de vinculación y los desarrollos tecnológicos.

Es necesario dar mayor difusión a los programas de apoyo a la innovación federales y estatales para que aumente la formulación de proyectos tecnológicos en empresas e instituciones, aprovechando los diferentes fondos de apoyo que ofrece actualmente el gobierno federal.

Contar con una instancia mediadora que favorezca el flujo de información entre los diferentes actores del sistema, que permita consolidar las redes de colaboración, detecte socios de negocios interesados en establecer desarrollos tecnológicos particulares y, además, proporcione asistencia técnica y legal para la realización de proyectos.

Organizar un mecanismo efectivo para que las instituciones de educación superior y los centros de investigación presenten su oferta tecnológica y que al mismo tiempo sirva como espacio para concertar proyectos de colaboración.

Para articular a los diferentes actores del sistema de innovación, facilitar la comunicación, propiciar las interacciones y facilitar el flujo de información se sugiere:

- El establecimiento de una red social, en algún formato electrónico o en una página de internet, con la participación de la agencia de intermediación.
- La elaboración de un catálogo de oportunidades.
- El establecimiento de una oficina estatal de vinculación y transferencia de tecnología.

Las empresas requieren del sistema estatal de innovación:

- Incentivos para establecer colaboraciones con las instituciones del estado.
- Asistencia técnica para el diseño de proyectos.
- Acompañamiento en el establecimiento de contactos y redes de investigación con otras empresas y con las universidades y centros e institutos de investigación
- Asistencia jurídica para la redacción de convenios y contratos.

## 8. REFERENCIAS

- CONACYT-Gob. (2011). Aplicación y Desarrollo de Sistemas de Energía Eólica y Solar en el Estado de Zacatecas. Proyecto FOMIX 16452.
- Diario Oficial de la Federación (2013). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE).
- Diario Oficial de la Federación (2009). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2009 – 2012. México. Recuperado el 15 de agosto de 2014 de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5101826&fecha=06/08/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5101826&fecha=06/08/2009)
- Diario Oficial de la Federación (2014). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2014 – 2018.
- Greenpeace. México (2008). Revolución Energética. Una perspectiva de energía sustentable para México y el Mundo. Consejo Europeo para las energías renovables. Recuperado el 25 de agosto de 2014 de <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2011/3/resumen-ejecutivo-rev-ener.pdf>
- Mexico wind resource assessment project, DOE/NREL Report No. DE95009202, 1995.
- SENER – GTZ. (2009). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable de México. México. Recuperado el 29 de julio de 2014 de [http://www.energia.gob.mx/res/0/ER\\_para\\_Desarrollo\\_Sustentable\\_Mx\\_2009.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf)
- SENER (2012). Estrategia Nacional de Energía 2012 – 2026. Recuperado de [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/ENE\\_2012\\_2026.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf)
- SENER (2013). Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), <http://iner.energia.gob.mx/publica/version2.0>
- SENER (2013). Prospectiva del Sector eléctrico 2013 – 2027, México. Recuperado [http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/Prospectiva del Sector Electrico 2013-2027.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/Prospectiva_del_Sector_Electrico_2013-2027.pdf)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Aerogenerador:** dispositivo que convierte la energía del viento en energía eléctrica.

**Biocombustible:** combustible que proviene de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal) como el alcohol etílico o etanol, metanol, biodiésel, diésel fabricado mediante el proceso químico de Fischer- Tropsch y combustibles gaseosos tales como hidrógeno y metano.

**Bioenergía:** cantidad de trabajo que se obtiene de la energía eléctrica, el diésel o gas que se produzca a partir de biomasa.

**Biogás:** gas metano que se origina por la acción de bacterias sobre materia orgánica.

**Biomasa:** cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético.

**Capacidad eléctrica instalada:** capacidad de generación del equipo para la producción de energía eléctrica.

**Central o planta eléctrica:** instalación donde se efectúa la transformación de una fuente de energía primaria en energía eléctrica.

**Ciclo combinado:** central termoeléctrica que utiliza dos tipos de combustible.

**Cogeneración:** aprovechamiento de la energía térmica no utilizada en los procesos (vapor), para generar electricidad de forma directa o indirecta.

**Densidad de potencia eólica, promedio anual.** Potencia del viento incidiendo sobre una superficie perpendicular, promediada durante un año y medida en  $W/m^2$ .

**Gigajule (GJ):** unidad de energía equivalente a  $10^9$  Joules.

**Gigawatt (GW):** unidad de potencia de electricidad equivalente a  $10^9$  watts.

**Irradiación solar global diaria, promedio anual.** Energía solar recibida diariamente en la superficie terrestre, promediada durante un año y medida en kWh/m<sup>2</sup>.

**Joule (J):** unidad de energía que mide el trabajo necesario para producir un watt de potencia durante un segundo.

**Kilowatt (kW):** unidad de potencia de electricidad equivalente a 1000 watts.

**Kilowatt-hora (kWh):** unidad de consumo de energía eléctrica (1 kW en una hora).

**Megawatt (MW):** unidad de potencia de electricidad equivalente a 10<sup>6</sup> watts.

**Panel fotovoltaico:** conjunto de celdas fotovoltaicas integradas para la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica.

**Recursos energéticos renovables:** recursos naturales cuya fuente principal es el sol, por lo que se considera que su regeneración es periódica e ilimitada (energía eólica, energía solar, energía geotérmica, energía hidráulica, energía de biomasa).

**Recursos energéticos no renovables:** recursos naturales que se encuentran en una cantidad limitada en el planeta (petróleo, carbón, gas natural).

**Watt (W):** unidad de potencia eléctrica del Sistema Internacional, equivalente a un Joule por segundo.

## ABREVIATURAS

**AMDEE:** Asociación Mexicana de Energía Eólica

**AMEE:** Asociación Mexicana para la Economía Energética.

**AMPER:** Asociación Mexicana de Proveedores de Energía Renovables

**ANES:** Asociación Nacional de Energía Solar

**CANAME:** Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas

**CI:** Centros de Investigación

**CFE:** Comisión Federal de Electricidad

**CONACYT:** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**CONUEE:** Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

**CRE:** Comisión Reguladora de Energía

**COZCYT:** Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación

**FINNOVA:** Fondo Sectorial de Innovación

**FIT:** Fondos de Innovación Tecnológica

**FOMIX:** Fondos Mixtos

**IES:** Instituciones de Educación Superior

**IIE:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**INADEM:** Instituto Nacional del Emprendedor

**INER:** Inventario Nacional de Energías Renovables

**LAERFTE** Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

**PEI:** Programa de Estímulos a la Innovación

**POISE:** Prospectiva de Obras e Inversiones del Sector Público de CFE

**REMBIO:** Red Mexicana de Bioenergía

**SAMA:** Secretaría de Agua y Medio Ambiente de Zacatecas

**SENER:** Secretaría de Energía

**SEN:** Sistema Eléctrico Nacional

## Apéndice A: Normas mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de carácter obligatorio y, las Normas Mexicanas (NMX), de carácter voluntario, son elementos fundamentales que permiten garantizar que la oferta de productos de energías renovables en el mercado mexicano, cumplan con especificaciones y requerimientos que garanticen la seguridad, eficiencia y adecuada funcionalidad y manejo en el mercado nacional. En la actualidad, se cuenta ya con algunas normas en materia de energías renovables (Prospectiva de Energías Renovables, 2012-2026)

### **Normas relacionadas a la electricidad**

**NOM-002-SEDE-1999:** requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.

**NOM-001-SEDE-2005:** instalaciones eléctricas y su utilización.

**NOM-113-SEMARNAT-1998:** establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

**NOM-114-SEMARNAT-1998:** establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica y distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos (ProMéxico, 2013).

### **Normas relacionadas al sector solar**

**NMX-ES-002-NORMEX-2007:** definiciones y terminología de la energía solar.

**NMX-I-007/2-41-NYCE-2007 y NMX-I-007/2-42-NYCE-2007:** guía para la prueba de radiación solar para equipos y componentes electrónicos-métodos de pruebas ambientales y de durabilidad.

### **Energía solar térmica**

**NMX-ES-001-NORMEX-2005:** rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua (métodos de prueba y etiquetado).

Esta norma pretende disminuir el consumo de combustibles fósiles, así como la emisión de contaminantes, al utilizar la radiación solar para el calentamiento de agua de uso sanitario. Establece los métodos de prueba para conocer el rendimiento térmico y la funcionalidad de los colectores solares que utilizan el agua como fluido de trabajo.

Aplicación: colectores solares que proveen agua caliente en fase líquida dentro del territorio mexicano.

**NMX-ES-003-NORMEX-2008:** esta norma establece los requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua.

**NMX-ES-004-NORMEX-2010:** evaluación térmica de sistemas solares para el calentamiento de agua (método prueba).

**NADF-008-AMBT-2006:** especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en nuevos establecimientos del Distrito Federal. Establece los requerimientos mínimos de calidad, las especificaciones técnicas de instalación, funcionamiento y mantenimiento de la calefacción de agua a través de la energía solar.

Aplicación: nuevos establecimientos y los que se encuentren en remodelación de sus instalaciones que utilicen agua caliente para sus actividades, en el Distrito Federal.

**NOM-003-ENER-2011:** límites, método de prueba y etiquetado de la eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial.

**Requisitos de construcción de módulos fotovoltaicos:**

**NMX-J-618/1-ANCE-2010:** requisitos generales para la construcción de módulos fotovoltaicos.

**NMX-J-618/3-ANCE-2011:** requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada calificación del diseño.

**NMX-J-618/4-ANCE-2011:** requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino calificación del diseño.

**NMX-J-618/5-ANCE-2011:** método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos.

**NMX-J-618/6-ANCE-2011:** método de prueba UV (Ultravioleta) para módulos fotovoltaicos.

**Requisitos de mediciones de módulos fotovoltaicos:**

**NMX-J-643/1-ANCE-2011:** medición de la corriente y tensión de los dispositivos fotovoltaicos.

**NMX-J-643/2-ANCE-2011:** requisitos para dispositivos solares de referencia, los cuales, se utilizan para determinar el rendimiento eléctrico de las celdas solares, módulos y arreglos bajo luz solar natural y simulada.

**NMX-J-643/3-ANCE-2011:** principios de medición para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres con datos de referencia para radiación espectral.

**NMX-J-643/5-ANCE-2011:** determinación de la temperatura equivalente de la celda de dispositivos fotovoltaicos por el método de tensión de circuito abierto.

**NMX-J-643/7-ANCE-2011:** cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de dispositivos fotovoltaicos.

**NMX-J-643/9-ANCE-2011:** requisitos para la modulación del simulador solar.

**NMX-J-643/10-ANCE-2011:** métodos de mediciones lineales para dispositivos fotovoltaicos.

**NMX-J-643/12-ANCE-2011:** términos, definiciones y simbología.

#### **Desempeño y eficiencia de módulos fotovoltaicos:**

**NMX-J-655/1-ANCE-2012:** mediciones de desempeño de irradiancia, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos

**NMX-J-655/2-ANCE-2012:** procedimiento para la medición de eficiencia.

**NMX-J-655/3-ANCE-2012:** desempeño y funcionamiento de los controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos. (ProMéxico, 2013).

#### **Normas relacionadas al sector eólico**

**NOM-081-SEMARNAT-1994:** establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición

#### **Normas relacionadas al sector geotérmico**

**NOM-004-CNA-1996:** requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

**NOM-053-SEMARNAT-1993:** establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

**NOM-059-SEMARNAT-2001:** protección ambiental a especies nativas de México de flora y fauna silvestres.

**NOM-052-SEMARNAT-2005:** establece las características, identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

**NOM-150-SEMARNAT-2006:** establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.

#### **Normas y certificaciones relacionadas al sector de biomasa**

**083-SEMARNAT-2003:** Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial.

*Aplicación:* Entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

## Proyectos de norma

**PROY-NMX-ES-002-NORMEX-2006:** energía solar-definiciones y terminología. Esta Norma Mexicana pretende homogeneizar el lenguaje utilizado dentro del ámbito de la energía solar y sus aplicaciones para evitar confusiones en conceptos y nombres usados en la práctica. Establece los vocablos, definiciones y simbología del lenguaje utilizado en la investigación que unifique el ámbito científico y técnico.

**PROY-NMX-J-657/1-ANCE-2011:** guía para la electrificación rural a través de sistemas híbridos y de Energías Renovables.

**PROY-NMX-J-618/2-ANCE-2011:** requisitos para pruebas de evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos.

**PROY-NOM-151-SEMARNAT-2005:** establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eoloeléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.

## Apéndice C: Ordenamientos legales y apoyos financieros al área de Energías Renovables en México

Los principales ordenamientos legales aplicables a las energías renovables son los siguientes:

- 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 Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Ley de Petróleos Mexicanos.
- 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.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.
- Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico, 2012-2026.

A pesar de que siguen siendo una pequeña parte de la generación total de energía eléctrica, el uso de energías renovables como la eólica, solar y biomasa, se ha incrementado rápidamente en los últimos años (PER 2012-2026, SENER).

Con el objetivo de promover la inversión en Energías Renovables, México ha trabajado en la creación y modificación de leyes que permitan incentivar su uso y disminuir la dependencia energética relacionada con los combustibles fósiles. En la Estrategia Nacional de Energía se establece una meta de 35% de capacidad para generación eléctrica con tecnologías limpias para el año 2024.

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) establece el marco regulatorio específico para la generación de energía eléctrica con fuentes alternativas de energía. De la misma forma, el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables establece acciones y metas alcanzables en la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica en el país, siguiendo los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Nacional de Energía y el Programa Nacional de Infraestructura (ProMéxico, 2013).

Es de relevante importancia la inminente aprobación de la Ley Energética, en conjunto con las leyes secundarias respectivas, en materia de energías renovables, para el impulso definitivo esperado en su desarrollo.

Por otro lado desde el ámbito federal existe un conjunto de fondos, incentivos fiscales, mecanismos de financiamiento, programas y normas relacionados al sector de energías renovables.

## Fondos

**Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)** fue creado según lo establecido en el artículo 27 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 2008.

El objetivo del fondo es el de financiar proyectos y programas de los sectores público, privado y académico así como de organizaciones no gubernamentales.

Los proyectos deben de estar vinculados a la promoción, difusión y desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética, además de cumplir con los objetivos de la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (ENTEASE).

**Fondo de Sustentabilidad Energética SENER-Conacyt:** El Fondo de Sustentabilidad Energética es un instrumento creado por el Gobierno de México 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..**

### **Incentivos fiscales**

**Arancel cero:** exenta del pago de impuesto general de importación o de exportación a equipos anticontaminantes y sus partes: maquinaria, equipo, instrumentos, materiales, animales, plantas y demás artículos para investigación y desarrollo tecnológico.

**Depreciación acelerada de activos fijos:** permite la depreciación del 100% de las inversiones en equipo y maquinaria para la generación de energía a través de fuentes renovables (ProMéxico, 2013).

## Financiamiento

**Nacional Financiera, S.N.C. (NAFIN)** se encarga de financiar el desarrollo de proyectos de Energías Renovables a través del fondeo con recursos de organismos internacionales, financiamiento con emisión de capital y colocación de deuda para proyectos en construcción o en operación.

**Banco Nacional de Obras y Servicios, S. N.C. (BANOBRAS):** Banco de Desarrollo que trabaja con el sector público y privado a través del financiamiento de proyectos de infraestructura y servicios públicos de los gobiernos locales, apoya su fortalecimiento financiero e institucional y promueve la inversión y financiamiento privado.

**Banco Nacional de Comercio Exterior (Bancomext)** cuenta con fondeo externo para proyectos sustentables a largo plazo que incluyen proyectos de generación de Energías Renovables, protección y mejora ambiental y Mecanismos de Desarrollo Limpio.

**Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)** financia la instalación de tecnologías de Energías Renovables y eficiencia energética utilizadas en agronegocios de áreas rurales.

**Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE):** Financiamiento a proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica hasta de 500 KW, para la adquisición e instalación de equipos y sistemas, con el uso de fuentes de Energías Renovables (ProMéxico, 2013).

## Programas

**Servicios Integrales de Energía (SIE) para Pequeñas Comunidades Rurales en México:** proyecto de electrificación rural que tiene como objetivo proveer de servicio eléctrico a aquellas comunidades aisladas del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) con fuentes renovables. Este programa tiene como meta beneficiar a 50,000 viviendas (aproximadamente 250,000 habitantes) en un período de ejecución de cinco años. La primera fase se desarrolla en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz.

**Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012 (PROCAL SOL):** programa que impulsa el ahorro de energía en el calentamiento de agua de los sectores residencial, comercial, industrial y agrícola.

**Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México (PROSOLAR):** programa que pretende impulsar en el corto y mediano plazo la tecnología solar fotovoltaica y garantizar el crecimiento del mercado con calidad. Esto a través de cuatro líneas de acción: 1) marco regulatorio y normativo adecuado, 2) financiamiento, 3) capacitación; e 4) información y difusión (ProMéxico, 2013).

MÉXICO  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

