



AGENDA DE INNOVACIÓN DE BAJA CALIFORNIA

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.3. ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN:

ENERGÍAS RENOVABLES

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN A LAS ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN SELECCIONADAS POR LA AGENDA.....	6
1.1.	Introducción a criterios de priorización utilizados.....	6
1.2.	Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	7
1.3.	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda	7
2.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL.....	9
2.1.	Breve descripción del área de especialización.....	9
2.1.1.	Definición de Energías Renovables	9
2.2.	Distribución del área de especialización en México.....	14
2.2.1.	Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables.....	14
2.2.2.	Cambios en la legislación para la administración del sistema energético ..	16
2.3.	Posicionamiento del estado en el área de especialización	18
2.3.1.	Cadena de valor del sector	21
2.4.	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial22	
2.4.1.	Desarrollo de materiales	23
2.4.2.	Nueva infraestructura	24
2.4.3.	Eficiencia de los sistemas	26
3.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN.....	29
3.1.	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	29
3.2.	Principales instituciones de educación superior y centros de investigación, y sus principales líneas de investigación.....	30

3.3. Detalle de empresas RENIECYT en el área de especialización	34
3.4. Evolución de apoyos en el área de especialización	35
4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN	41
4.1. Fortalezas	41
4.2. Oportunidades	41
4.3. Debilidades.....	42
4.4. Amenazas.....	43
5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN	43
6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN	44
6.1. Energía Geotérmica	44
6.2. Energía Eólica	45
6.3. Energía Solar	46
7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS Y PLAN DE PROYECTOS...	47
7.1. Descripción de proyectos prioritarios.....	47
7.1.1. Energía Geotérmica	47
7.1.2. Energía Eólica	49
7.1.3. Energía Solar	52
7.1.4. Proyecto complementario transversal	55
7.2. Matriz de proyectos	56
8. REFERENCIAS	58
9. APÉNDICES	62
Apéndice A. Listas de asistencia a los talleres sectoriales	62

Apéndice B: Análisis del impacto de las tecnologías para generación de energía con fuentes renovables: Resumen de Artículo	67
--	----

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema sobre Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación en Baja California	8
Ilustración 2. Generación de electricidad por tipo de tecnología	11
Ilustración 3. Proyectos en operación y en construcción para la generación electricidad con Energías Renovables 2012	15
Ilustración 4. Líneas estratégicas para el desarrollo económico sustentable.....	20
Ilustración 5. Ilustración de la cadena de valor de la energía	21
Ilustración 6. Mapa del ecosistema de innovación	29
Ilustración 7. Mapa de ruta del proyecto	49
Ilustración 8. Mapa de ruta del proyecto	52
Ilustración 9. Mapa de ruta del proyecto	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Las Energías Renovables	10
Tabla 2. Estimación de la producción mundial de energía durante 2010 y para 2035.....	12
Tabla 3. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables 2012-2026 (MW).....	14
Tabla 4. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW)	15
Tabla 5. Ocupaciones en determinados subsectores de las energías renovables según el segmento de la cadena de valor.....	30
Tabla 6. Instituciones de educación superior e investigación relevantes.....	31
Tabla 7. Empresas dedicadas a la producción y venta de equipo y servicios para energías renovables	34
Tabla 8. Matriz de proyectos del área Energías Renovables.....	56

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

1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados

La **Agenda Estatal de Innovación de Baja California** tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. El documento se integra por las **Agendas Sectoriales de Innovación**, correspondientes a cada *Área de Especialización* (sector económico) definida para el Estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población.

Las **Agendas Sectoriales** desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada *Área de Especialización* e impulsar los *Nichos* identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, apoyada en los recursos de la entidad.

La **Agenda Sectorial de Innovación en Energías Renovables de Baja California** tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación; para ello se toma en cuenta la vocación del Estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado, se proponen *Nichos de Especialización* y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recurso humano, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazo.

La participación del Comité de Gestión en la selección de las áreas fue relevante, sobre todo al proponer algunos rubros que no son considerados nichos de alta relevancia económica, pero que por su trascendencia en la política de desarrollo del estado se les considera como un elemento importante dentro de la Agenda.

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

El punto de partida fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del Estado para, en función de éstos, priorizar la generación y aplicación de conocimiento en plataformas tecnológicas dentro de áreas de especialización que pudieran impactar la solución de problemas críticos del área, así como en el aprovechamiento de las oportunidades percibidas y jerarquizadas por los actores del ecosistema de innovación.

Para la selección de Áreas de Especialización se usó un modelo de priorización basado en indicadores económicos, sociales, de oportunidad de mercado y de desarrollo tecnológico (capacidades físicas y humanas, así como la experiencia y vocación del estado).

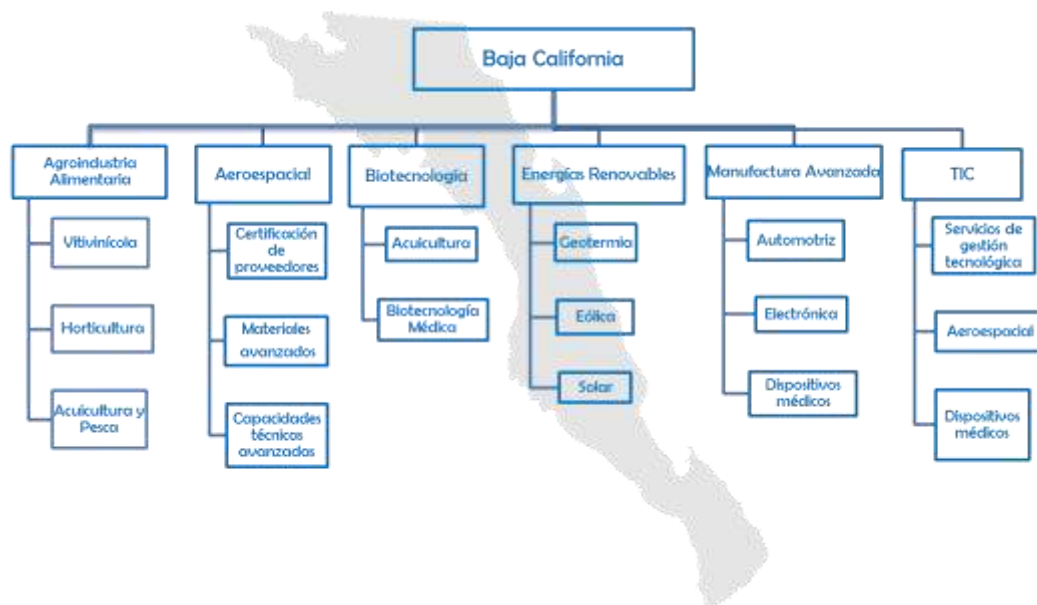
En las ocasiones en las que la valoración era eminentemente cualitativa, la decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el Estado y dicha decisión fue validada por el Consejo Consultivo.

1.3. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda

A través de la Agenda Estatal de Innovación, con cada uno de los sectores se busca hacer recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada uno de los sectores. Así como promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, sustentable al promover una economía verde, eficiente y competitiva, e incluyente, al fomentar empleo de calidad y logrando mayor cohesión económica, social y territorial.

Los sectores seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Baja California para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación, así como los nichos identificados para cada área de especialización se muestran en la ilustración 1.

Ilustración 1. Esquema sobre Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación en Baja California



Fuente: CamBioTec, A.C., 2014.

Para esta área de especialización, se observa que en Baja California existen centros de investigación así como instituciones de educación superior (IES) con infraestructura física y capital humano de alto nivel que pueden impactar los nichos de Geotermia, Energía Eólica y Solar fotovoltaica; asimismo, se observa la actividad de empresas que producen y distribuyen productos para el aprovechamiento de estas fuentes de energía.

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

2.1. Breve descripción del área de especialización

El **sector energético** de una nación se refiere al sector de actividades primarias, secundarias y terciarias destinadas a la producción, transportación, innovación, manejo y venta de los servicios energéticos del país. Los recursos energéticos de un país difieren según la abundancia y variedad de los recursos naturales del área. Entre los recursos energéticos más explotados se encuentran el petróleo, el gas natural, el carbón, etc. También existen diversos tipos de productos energéticos producidos de varias formas y a partir de diferentes fuentes como lo son las energías renovables.

En tecnología y economía, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo. La energía en sí misma nunca es un bien para el consumo final sino un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. Al ser un bien escaso, la energía es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.

Es común clasificar las fuentes de energía según incluyan el uso irreversible o no de ciertas materias primas, como combustibles o minerales radioactivos. Según este criterio se habla de dos grandes grupos de fuentes de energía explotables tecnológicamente: las renovables y las no renovables.

2.1.1. Definición de Energías Renovables

Las Energías Renovables (Tabla 1) son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía

aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua (LAERFTE, Art. 3, Frac. II).

Las fuentes renovables de energía perdurarán por miles de años. Las energías renovables se pueden clasificar de distintas formas: por el origen primario de la energía, por el nivel de desarrollo de las tecnologías y por las aplicaciones de las energías.

Tabla 1. Las Energías Renovables

	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol ¹	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional / maduro	Nueva	En proceso de	Electricidad	Calor ²	Combustibles líquidos ³
Eólica									
Radiación solar									
Hidráulica									
Bioenergía					4				
Geotermia						5			
Olas									
Mareas									

¹ La mayoría de las fuentes de energía tienen a la energía del sol como origen de forma indirecta. Por ejemplo, en el caso del viento, la radiación solar calienta masas de aire, lo que a su vez provoca su movimiento.

² Todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad, y a partir de ésta producir calor o energía para el transporte, pero aquí se muestran sólo aquellas fuentes que pueden tener estas aplicaciones de manera directa.

³ La bioenergía se utiliza tradicionalmente como combustible desde hace milenios. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento para generar electricidad o para la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.

⁴ La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen además tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.

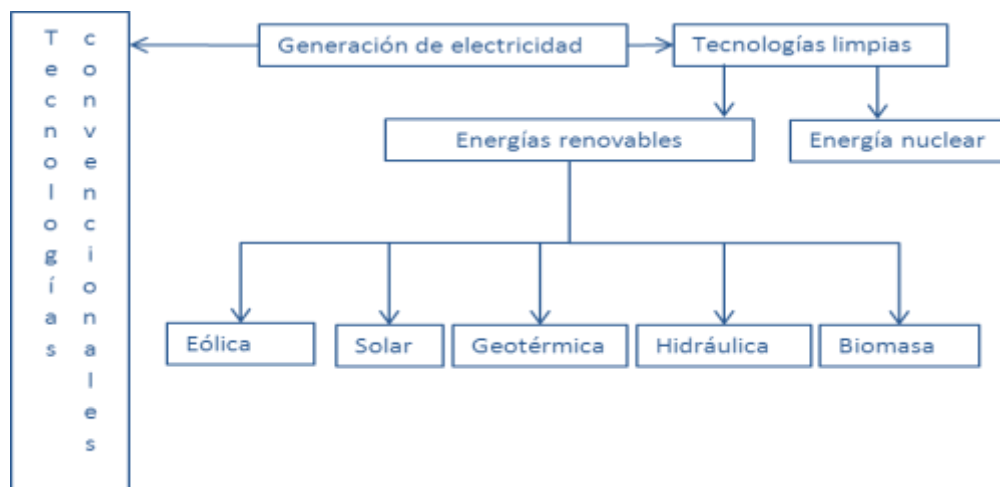
⁵ Las corrientes oceánicas se deben a diversos factores: viento, diferencias en temperaturas, diferencias en salinidad, rotación de la tierra y mareas.

Corrientes oceánicas			6						
Otras energías oceánicas ⁽⁶⁾									

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

Así, el área de Energías Renovables está constituida por todas las formas de energía que se renuevan de forma continua. Algunas de éstas son: el sol, el viento, el agua, la biomasa y el calor proveniente del núcleo de la Tierra (ver Ilustración 1).

Ilustración 2. Generación de electricidad por tipo de tecnología



Fuente: (ProMéxico 2013).

Dependiendo del tipo de fuente utilizada, las Energías Renovables se clasifican en:

Geotérmica: Es la energía proveniente del núcleo de la Tierra en forma de calor; ésta fluye a través de fisuras en rocas y se acerca a la superficie, donde su acumulación depende de las condiciones geológicas del lugar.

⁶ Otras energías oceánicas incluye el gradiente térmico oceánico y el gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

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

Hidráulica: es la generación de electricidad a partir de la energía producida por el agua que corre al salvar el desnivel natural o artificial existente entre dos puntos. Puede referirse a grandes aprovechamientos hidroeléctricos o a micro centrales que funcionan a partir de pequeñas corrientes.

Solar: la energía proveniente de la radiación del sol se divide, de acuerdo con la tecnología utilizada, en:

- **Fotovoltaica:** es la transformación de la radiación solar en electricidad a través de paneles, celdas, conductores o módulos fotovoltaicos, elaborados principalmente de silicio y formados por dispositivos semiconductores.
- **Solar de alta concentración:** paneles parabólicos que concentran la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.
- **Térmica:** es el aprovechamiento de la radiación solar para la captación y almacenamiento de calor a través de colectores termosolares.

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). (ProMéxico, 2013)

La tendencia en el uso de energías alternas y renovables es muy favorable. Como se puede observar en la Tabla 2, se estima que en 2010 una quinta parte de la producción de energía del mundo provino de fuentes renovables y, con estimaciones positivas, se prevé que para el 2035 ascienda a cerca de la mitad de lo producido (Proméxico, 2013).

Tabla 2. Estimación de la producción mundial de energía durante 2010 y para 2035

Tipo de energía	TWH producidos en 2010	TWH que se esperan producir en 2035
Bioenergía	331	2,033
Hidráulica	3,431	6,263
Eólica	342	4,281

Geotérmica	68	449
Solar fotovoltaica	32	1,371
Solar de alta concentración	2	815
Mareomotriz	1	82
Total	4,207 (20% de lo producido)	15,294 (48% de lo que se producirá)

Fuente: Proméxico, 2013.

Por su parte, de acuerdo con la Unidad de Inteligencia de Negocios de Proméxico (2013), México tenía en 2012 una capacidad instalada de 14,501 MW de generación basada en energías renovables (80.7% de hidráulica, 8.9% de eólica, 5.7% de geotérmica, 4.4% de biomasa y 0.3% de solar).

Se ha planteado una meta de participación de generación de electricidad con tecnologías no dependientes de combustibles fósiles del 35% para 2024. Esta transición de la matriz energética incluye el uso de la energía nuclear y las fuentes renovables (SENER, 2013).

De acuerdo con la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, “México dispone de un potencial renovable indiscutible, con un amplio portafolio de recursos (eólico, solar, geotérmico, biomasa e hídrico). Derivado de lo anterior, deben ser impulsadas las diferentes tecnologías para su aprovechamiento, en sus diversas etapas de desarrollo, de modo que estos recursos puedan ayudar en la diversificación de la matriz energética, la eficiencia del uso de recursos no renovables y la reducción de importaciones de energéticos” (SENER, 2013).

En el marco de la citada estrategia, se “ha estimado que un Escenario Competitivo, en el que se instalen más de 18,000 MW renovables a 2018 en el país, generaría una apuesta decidida de nuevas inversiones por parte del sector privado y contribuiría a la vertebración y desarrollo social de las distintas regiones con recurso competitivo. El escenario señalado generaría un incremento del PIB de más de 230,000 MDP, equivalente a cerca del 2,0% del PIB del año 2011, generando más de 70,000 empleos. En términos medioambientales su

aprovechamiento situaría la participación de las energías limpias en el 29% de la capacidad de generación en 2018 y mitigaría la emisión de 17 Mt de CO₂.” (SENER, 2013).

En este marco, se estima que para 2026, se alcanzará una capacidad total instalada superior a 30,000 MW⁷ 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, liderado 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 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables 2012-2026 (MW)

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

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

2.2. Distribución del área de especialización en México

2.2.1. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables

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

⁷ Para calcular la capacidad total en 2026 se debe sumar los 20,544 MW a la capacidad instalada de 2011.

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 (ver Ilustración 3).

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



Fuente: CRE / CFE/ Medios electrónicos (ME). ProMéxico2013.

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** (ver Tabla 4).

Tabla 4. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW)

Estado	Bioenergía	Eólica	Geotérmica	Hidráulica < a 30 MW	Solar*	Total
Oaxaca	33	2,499		39		2,571
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
Total	745	3,749	898	467	192	6,052

Fuente: CRE / CFE/ ME. ProMéxico, 2013.

*Se excluyen las centrales hidroeléctricas mayores a 30 MW. Las cifras están redondeadas.

2.2.2. Cambios en la legislación para la administración del sistema energético

El sector de energía en México ha estado sustentado en dos grandes empresas estatales que operan el servicio público de electricidad y la exploración, explotación y procesamiento de hidrocarburos en el país. Pero las recientes reformas en el sector traen consigo cambios importantes.

La nueva Ley de la Industria Eléctrica es reglamentaria de los artículos 25, párrafo cuarto; 27, párrafo sexto y 28, párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el Servicio Público de Transmisión y Distribución (T&D) de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Un cambio mayor se refiere a que **el Suministro Eléctrico es un servicio de interés público. La generación y comercialización de energía eléctrica son servicios que se prestan en un régimen de libre competencia.**

El Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE). La SENER está facultada para:

- ✓ Establecer, conducir y coordinar la política energética del país en materia de energía eléctrica;
- ✓ Dirigir el proceso de planeación y la elaboración del Programa de Desarrollo del SEN;
- ✓ Establecer los criterios para el otorgamiento de los Certificados de Energías Limpias;
- ✓ Vigilar la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (El Mercado) y las determinaciones del CENACE, entre otras.

Por su parte, la CRE está facultada para:

- ✓ Otorgar los permisos de generación, “Usuario Calificado”, entre otros;
- ✓ Determinar las metodologías de contraprestaciones aplicables a los generadores exentos;
- ✓ Expedir y aplicar la regulación tarifaria a que se sujetarán la T&D, la operación de los Suministradores de Servicios Básicos, la operación del CENACE y los Servicios Conexos no incluidos en el Mercado, así como las tarifas finales del Suministro Básico que no sean determinadas por el Ejecutivo Federal;
- ✓ Autorizar los modelos de contrato que celebre el CENACE con los Participantes del Mercado, entre otras.

La Ley establece: **un nuevo escenario en la generación, creación y operación de nuevas plantas particulares**, buscando complementar la capacidad pública, a fin de atender la creciente demanda de electricidad; las reglas para que **los particulares participen en el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la red** nacional de transmisión; nuevas modalidades de contratación entre el Estado y los particulares para que éstos contribuyan con su tecnología y experiencia a la expansión y mejoramiento de las redes generales de distribución; y que los suministradores comprarán la energía que sus clientes requieran mediante la celebración de contratos con generadores y en el mercado de energía eléctrica. **La Comisión Federal de Electricidad, en su papel de**

suministrador de servicio básico, comprará energía a través de estos mecanismos competitivos.⁸

Puede concluirse que la reforma energética abre oportunidades para los inversionistas privados interesados en participar en la expansión de la capacidad instalada y la comercialización de electricidad.

Por otro lado, el 28 de noviembre de 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. (LAERFTE), la cual busca regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad. El reglamento de la LAERFTE se publicó en el Diario Oficial el día 2 de septiembre del 2009. Con este instrumento se favorece a proyectos de autoabastecimiento (hidroeléctricos, solares y eoloeléctricos). Con la reforma energética, estos proyectos podrán ser también inversiones para la comercialización de energía.

2.3. Posicionamiento del estado en el área de especialización

El 22 de junio de 2012, se publicó en el diario oficial la Ley de Energías Renovables para el Estado de Baja California, cuyo objeto (Artículo 1) es “promover la coordinación, implementar y fomentar el uso y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía existentes en el Estado, así como impulsar la sustentabilidad energética estatal con el fin de constituirse como instrumento que impulse la competitividad económica, mejore la calidad de vida de los habitantes del Estado, preservando y protegiendo el ambiente, promoviendo el desarrollo sustentable de la región mediante el fomento de la transición energética”.

⁸ Price Waterhous Cooper (2014), Reforma energética de México, México, D.F.

Dicha Ley asigna a la Comisión Estatal de Energía (creada en 2008), el objeto de “coordinar, ejecutar y promover las acciones en materia de aprovechamiento y uso racional de recursos energéticos en el Estado, para el desarrollo eficiente y eficaz de las actividades de generación de energía, mediante fuentes convencionales y renovables, así como impulsar actividades para promover el ahorro y eficiencia energética en la entidad, en estricto apego a la normatividad aplicable, debiendo para este efecto establecer y promover mecanismos de coordinación y apoyo con las instancias federales competentes en materia energética” (Art. 13).

Entre sus atribuciones, la Comisión debe, de acuerdo con la Ley (Art. 14, fracción VII) “fomentar la aplicación de nuevas tecnologías para la utilización de fuentes de energía renovables y de eficiencia energética así como proponer el aprovechamiento, el ahorro y eficiencia energética, así como la aplicación de energías renovables y la sustentabilidad energética en las actividades que desarrollen las dependencias y entidades de la administración pública estatal”.

Como puede observarse, la Comisión está designada para tener un papel importante en la promoción de la innovación en esta área de especialización.

En septiembre de 2013, se lanzó el Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética (PEER) con base en lo estipulado en el Plan Estatal de Desarrollo y en la Ley de Energías Renovables. El PEER busca generar las condiciones para aprovechar el potencial de energías renovables en la entidad, a través de una mayor participación y coordinación entre los sectores: gubernamental, privado y social. Este Programa reconoce la situación actual en la que Baja California importa la mayor parte de su energía, con excepción precisamente de la que deriva de sus recursos renovables. A partir de esto, genera la siguiente **visión**:

“Baja California cuenta con un entorno urbano, rural y regional concentrado en polos de desarrollo eficientemente planeados, orientados hacia un crecimiento equilibrado y

ordenado, propicio para el desarrollo de las actividades económicas y sociales y la preservación de las condiciones que aseguran la calidad de vida de sus habitantes.”

La Agenda Sectorial de Innovación debe buscar hacer una contribución sustantiva a esta visión, sobre todo apuntando a avanzar en el aprovechamiento sustentable de los recursos para generar energía y, al mismo tiempo, promover desarrollos tecnológicos que aporten a la transición energética competitiva.

Ilustración 4. Líneas estratégicas para el desarrollo económico sustentable



En cuanto a Energías limpias, el gobierno del estado ha trazado los siguientes lineamientos estratégicos, que fortalecen su selección como área de especialización para la Agenda.

- Desarrollo de la industria energética.
- Adquisición de energía a precios competitivos.
- Fomento a la producción de **energías alternativas eólica y solar**.
- Mantenimiento de subsidios para consumos de electricidad en el municipio de Mexicali.
- Ajuste y modificación de tarifas para suministro y ventas de energía eléctrica en el sector industrial.
- Mayor eficiencia energética en los hogares.

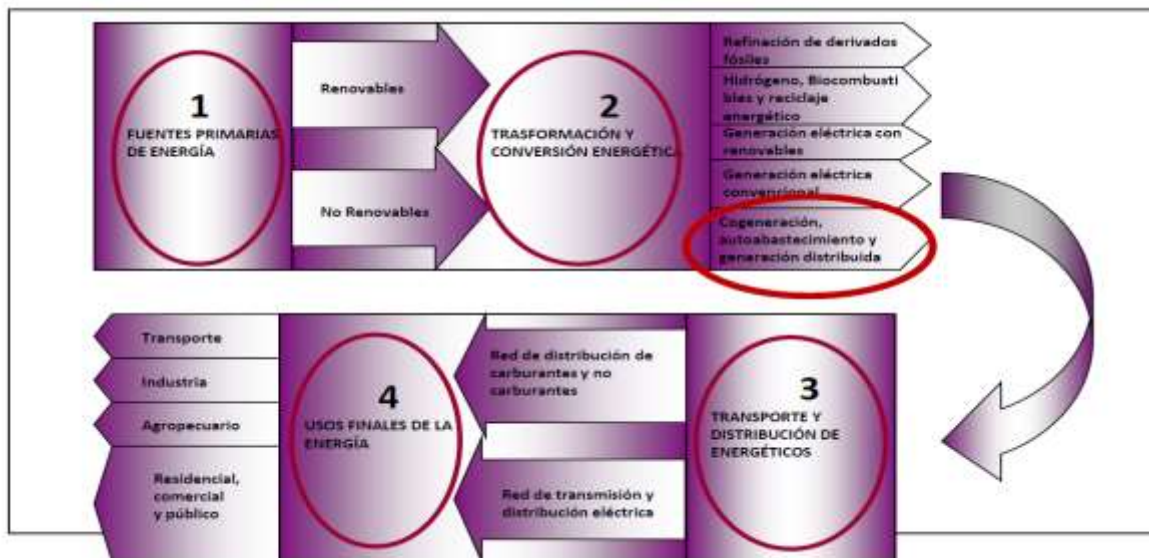
2.3.1. Cadena de valor del sector

De acuerdo con Torres Reyes (2009) y la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES)⁹, la cadena de valor de este sector es similar a la de otros productos y servicios, pasando por diferentes etapas de generación, transformación, transmisión y distribución (Ilustración 4).

Las oportunidades para la innovación pueden encontrarse en cualquiera de los segmentos, por lo que los proyectos que integren la Agenda Sectorial de Baja California no tienen que radicar forzosamente en la generación. Se puede integrar innovación de alto impacto en el almacenamiento, transmisión y distribución, o bien en la provisión de servicios de acompañamiento de todo el proceso. La Tabla 5 (secc. 3.2.) muestra las necesidades de recursos humanos en diferentes segmentos de la cadena de valor, lo cual nuevamente pone de manifiesto la necesidad de abordar el análisis de la innovación con una perspectiva multidisciplinaria y holística.

Ilustración 5. Ilustración de la cadena de valor de la energía

⁹ Generación distribuida con energías renovables para el desarrollo regional sustentable, Mercado de la Energía Renovable, Cadena de Valor de la Generación Distribuida., Asociación Nacional de Energía Solar, (ANES 2009).



Fuente: ANES, 2009.

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

El desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, es una demanda actual a nivel mundial. Principalmente, se identifican tres tendencias en I+D para el sector:

1. **Tecnologías para la generación eléctrica;** donde se incluyen las diferentes fuentes de energía, alternativas y renovables.
2. **Tecnologías para la generación de combustible;** desarrolladas como alternativa a los combustibles fósiles. Principalmente con fines térmicos.
3. **Proveeduría y mantenimiento;** ésta es el área con mayor enfoque innovador actualmente. Se identifican las investigaciones, desarrollos tecnológicos y procesos

de evaluación y validación en temas sobre desarrollo de materiales e infraestructura, así como en mejoramiento de la eficiencia de los sistemas.

Respecto de esta última tendencia, se mencionan a continuación algunos ejemplos mundiales para el desarrollo de capacidades en el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

2.4.1. Desarrollo de materiales

La I+D sobre nuevos materiales es una tendencia común a varias áreas de la industria. En el caso de las tecnologías para el aprovechamiento de Energías Renovables, el desarrollo de materiales es un factor habilitador clave para la eficiencia de los sistemas, la reducción de costos de instalación, mantenimiento y generación energética, así como en la congruencia con los principios de la generación de energía limpia.

La investigación sobre energía solar se ha dividido en dos grupos, en la búsqueda por captar la energía solar de forma más barata. Algunos investigadores se enfocan en obtener células solares de fabricación a precios muy bajos, pero que tienen la desventaja de ser relativamente ineficientes. Últimamente, un mayor número de investigadores se ha centrado en el desarrollo de células de muy alta eficiencia, a pesar de que requieran técnicas de fabricación más caras (Bullis, 2013).

Un nuevo material parece ofrecer lo mejor de ambas tendencias: células solares muy eficientes, pero también baratas de fabricar. Martin Green, de la Universidad de Nueva Gales del Sur, Australia, desarrolla un recubrimiento innovador de base mineral fotosensible: la perovskita, un material con capacidad para absorber luz solar visible e infrarroja, que permite su manipulación integrando una película cristalina a temperaturas mucho más bajas que las películas actuales a base de silicio (Bullis, 2013; CIDET, 2014).

Desde las primeras películas de perovskita, fabricadas en 2009, las actuales de mayor eficiencia presentan una tasa de conversión de energía solar a electricidad del 17.9%, lo

cual ya representa un factor competitivo con las películas convencionales de telurio de cadmio y silicio (CIDET, 2014). Las investigaciones recientes de Michael Grätzel y Nam-Gyu Park, proponen un método para controlar el crecimiento de los cristales de perovskita, principal factor de eficiencia en estas películas minerales. Sus resultados sobre el tamaño de los cristales han obtenido células de perovskita con eficiencia promedio de 16.4%, y estiman que existe el potencial para alcanzar un 20% de eficiencia (CIDET, 2014).

En otro ejemplo, investigadores de la Universidad de Ohio State, EUA, trabajan en el desarrollo de un dispositivo que actúa como célula solar y batería recargable. Los dispositivos actuales emplean por separado, un panel solar para capturar la luz y una batería para almacenar la energía. El desarrollo de Yiyang Wu y su equipo, presenta una hibridación de ambos dispositivos: esta “batería solar” consiste en un panel de malla solar que permite la entrada de aire para que la interacción entre el oxígeno y la luz solar activen las reacciones químicas necesarias para la transferencia de electrones entre el panel solar y un electrodo en la batería (ABC.es, 2014).

2.4.2. Nueva infraestructura

El desarrollo de infraestructura se concibe desde la tecnología a gran escala para aumentar la captación de energía por unidad de superficie; hasta el mejoramiento de los dispositivos actuales para reducir los costos de instalación y operación de los diversos sistemas.

Por ejemplo, en Estados Unidos se instaló la mayor planta solar térmica en el mundo, denominada “complejo Ivanpah”, que abarca un área de 13 km² sobre el Desierto de Mojave. Con tres torres de 139 m de altura y los más de 300,000 espejos automatizados, pueden generar 392 megawatts (MW), a través de la captación de calor para calentar agua hasta el punto de ebullición que alimenta a turbinas generadoras de electricidad (ABC.es, 2014).

También destaca el proyecto en proceso del Laboratorio de Investigación Naval de EUA (NRL, por sus siglas en inglés), para la construcción de un módulo espacial para captar y transmitir energía solar desde el espacio. Este proyecto considera integrar un panel fotovoltaico, un dispositivo electrónico que convierte la energía solar en radiofrecuencias y una antena dirigida a la Tierra, en una estructura que orbitará el planeta. Entre los resultados esperados se considera el desarrollo de capacidades para captar energía solar, sin interferencia de los días nublados o los períodos de noche como se presentan en la Tierra, además de disminuir los costos por kilowatt-hora (NRL News, 2014).

En el caso de tecnologías para aprovechar la energía eólica, se encuentran los diseños de aerogeneradores de mayor dimensión (Hyperwind de Statoil, en Noruega; LM Wind Power en Dinamarca). El proyecto Hyperwind (Statoil, 2014) consiste en desarrollar el primer aerogenerador flotante a gran escala en el mundo, que captaría la energía del viento en altamar, potencialmente con mínimo impacto ambiental negativo. En la actualidad, el proyecto se encuentra en la fase de validación y mejoramiento del diseño, previo al modelo comercial.

Por su parte, LM Wind Power, es una empresa danesa líder en innovación y desarrollo en el aprovechamiento de la energía eólica en el mundo. Compite también con el desarrollo del molino eólico más grande del mundo, en convenio con Alstom, la multinacional francesa, con el objetivo de reducir el costo en el aprovechamiento de energía eólica en regiones marinas. Esta empresa ha sido signatario del Pacto Mundial de la ONU desde finales del 2010 (LM Wind Power, s/a).

En Japón, Yuji Ohya, profesor de la Universidad de Kyushu, ha diseñado un nuevo concepto sobre aerogeneradores. Consiste básicamente en una turbina acoplada en un aro que semeja un “lente” intensificador del flujo de viento que incide sobre ella, incrementando potencialmente hasta en tres veces la cantidad de energía obtenida, en comparación con los generadores eólicos convencionales (El constructor, 2012).

2.4.3. Eficiencia de los sistemas

De acuerdo con Mark Jacobson (2009), en su estudio sobre comparación de Energías Renovables, es de esperar que la combinación de estas tecnologías avance como una solución para el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética.

El ingeniero de la Universidad de Stanford, EUA, identificó a la energía eólica como la opción más deseable, en segundo lugar, a la energía solar concentrada (CSP), seguida por la energía geotérmica, la mareomotriz y la undimotriz, en función de 11 criterios para evaluar los beneficios que ofrecen a la sociedad y al planeta (Jacobson, 2009). De su análisis también se desprende que los biocombustibles basados en etanol causarían más perjuicio a la salud humana, a la biodiversidad y al suministro de agua que los actuales combustibles fósiles.

Por lo anterior, se evidencia la importancia de garantizar la eficiencia de los sistemas de aprovechamiento de fuentes de Energía Renovable, tanto en la generación de electricidad como de combustibles.

De acuerdo con Paulina Beato (Agenda Ciudadana, 2010), una tendencia indispensable por abordar en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables, es el almacenamiento eficiente de energía para el uso continuo equiparable a la demanda rutinaria de este insumo, tal como lo expresa en su participación en la convocatoria “Reto 2030”.

Considerando que la captación de energía a partir de algunas fuentes renovables (viento o sol) puede presentar interrupciones cíclicas; la energía eólica depende del movimiento fluctuante de las masas de aire, mientras que la energía solar evidentemente sólo ha podido ser captada durante las horas luz de cada región, fluctuando la irradiación de acuerdo con la posición geográfica y la época del año, además de algunas limitantes durante los días nublados y lluviosos. En comparación con el uso continuo de la energía por la humanidad, resulta necesario el desarrollo de sistemas de almacenamiento de la energía generada por las fuentes renovables (Agenda Ciudadana, 2010).

Actualmente, el aprovechamiento de energía a partir de fuentes renovables, consiste en consumir la energía en el mismo momento que se produce, por lo que resulta ineficiente desde la perspectiva del uso comercial.

En este sentido, como ejemplo de tendencia sobre la eficiencia de sistemas, un equipo de investigadores en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), desarrollaron un sistema innovador para el almacenamiento de energía solar, utilizando nanotubos de carbono en combinación con azobenceno. El uso de este material, supone mayor eficiencia en la capacidad de almacenamiento de energía (10,000 veces más densidad volumétrica de energía) y menor costo en el proceso y en el material empleado, comparado con la tecnología usual hasta el momento: rutenio (Tendencias21, 2011).

También se identifican las oportunidades de innovación sobre necesidades de mantenimiento a los sistemas y granjas energéticas en funcionamiento. Por ejemplo, para la industria eólica, existe una limitante en las regiones donde las temperaturas disminuyen por debajo de los cero grados, lo cual involucra grandes inversiones económicas y humanas para evitar la formación de hielo en los molinos eólicos.

En el Dartmouth College se desarrolló una tecnología anticongelante para molinos eólicos que funciona mediante pulsaciones de alta potencia para “aplicar calor” y evitar la formación de hielo (Dartmouth/Petenko, s/a; Crisp Green, 2010).

También se identifican propuestas sobre diseños innovadores en busca de menores costos de materiales, practicidad en el armado y resistencia en el uso. Tal es el caso de un equipo de investigadores israelitas, quienes diseñaron un sistema de rotores para aerogeneradores a partir de material textil y un soporte circular inflable, siendo flexibles, ligeros y a muy bajo costo de fabricación, pues se estima que reduce hasta en 50% la inversión de instalación con este diseño (Crisp Green, 2010).

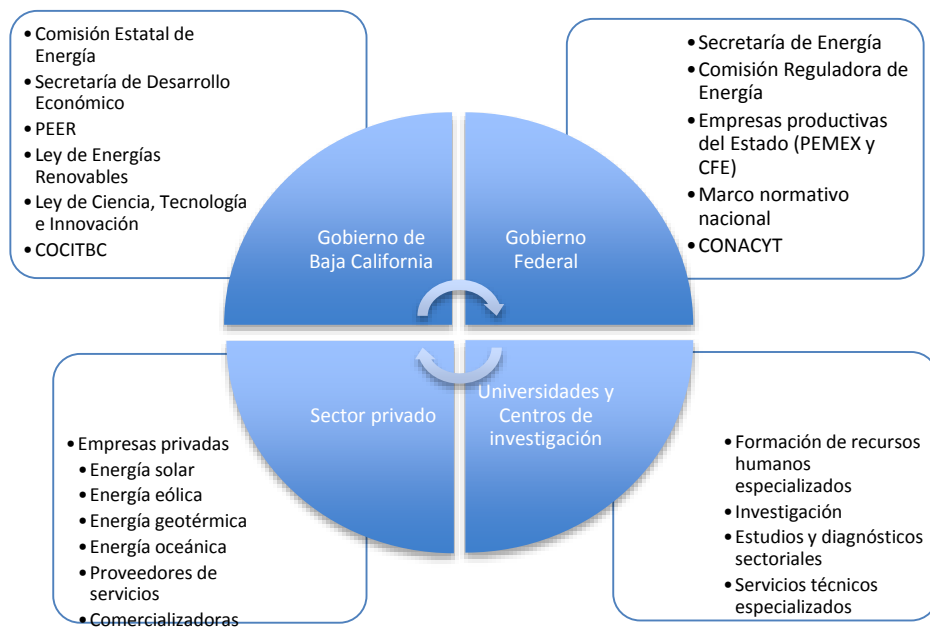
Otro ejemplo de innovación sobre eficiencia es el diseño del aerogenerador WMS 1000. La turbina WMS 1000 consiste en un sistema eólico autónomo, accionado por un aerogenerador de 30 Kw, sobre una torre de 24 m de altura. El mecanismo de acción se basa en el fenómeno de la condensación intersticial que se presenta durante los descensos bruscos en la temperatura del aire, superando el punto de rocío en la condensación del vapor de agua. Para lograr el efecto, la turbina eólica utiliza un sistema de enfriamiento por donde circula el aire, enfriándolo hasta que la estructura “esponjosa” del aire se contrae y expulsa la humedad contenida. El sistema está en fase de prueba en los desiertos de los Emiratos Árabes Unidos, cosechando en promedio, 1000 lt de agua por día (Vercelli, 2013).

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El ecosistema de innovación del área de especialización de Energías Renovables en México, se integra por 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), como se muestra en la siguiente ilustración.

3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

Ilustración 6. Mapa del ecosistema de innovación



Fuente: Cambiotec, A.C., 2014.

3.2. Principales instituciones de educación superior y centros de investigación, y sus principales líneas de investigación

Uno de los retos más trascendentes que tienen que enfrentar las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros de Investigación (CI) es el de formar profesionistas de alta calidad para satisfacer las necesidades futuras en el área de Energías Renovables, el tipo de ocupaciones y su demanda por cada subsector de la industria de energías renovables¹⁰; considerando los cuatro elementos principales de la cadena de valor, con las actividades transversales y de capacitación (véase Tabla 5).

Tabla 5. Ocupaciones en determinados subsectores de las energías renovables según el segmento de la cadena de valor

Elementos de la cadena de valor	Ocupaciones	
Fabricación y distribución de equipos (Energía Eólica)	• Ingenieros en investigación y desarrollo (informática, electrónica, medio ambiente, mecánica, diseño de energía, eólica) (A) • Ingenieros de software (A,M) • Modeladores (prueba de prototipos) (A, M) • Mecánicos industriales (M) • Ingenieros industriales (A) • Técnicos industriales (M) • Operadores industriales (B) • Expertos en garantía de calidad (A, M)	• Certificadores • Profesionales de logística (A, M) • Operadores logísticos (B) • Transportistas de equipos (B) • Profesionales de compras (A, M) • Especialistas de marketing (A, M) • Personal de ventas (A, M)
Desarrollo de proyectos (Energía Solar)	• Diseñadores de proyectos (ingenieros) (A) • Arquitectos (A) (pequeños proyectos) • Científicos atmosféricos y meteorólogos (A) • Especialistas en evaluación de recursos y evaluadores de instalaciones (A) • Consultor ambiental (A)	• Asesores en ordenación territorial (A) • Negociadores de aprovechamiento territorial (A) • Grupos de presión (A) • Mediadores (A) • Representantes de ONG ambientales y sociales (A, M) • Responsables de relaciones públicas (A) • Profesionales de compras (A, M)

¹⁰ Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2011: Skills and Occupational Needs in Renewable Energy, Ginebra

Elementos de la cadena de valor	Ocupaciones	
	- Abogados, representantes de programas gubernamentales, financiadores de deuda (A) - Promotores / facilitadores (A, M)	Especialistas en evaluación de recursos (A)
Construcción e instalación (Energía hidroeléctrica)	- Ingenieros (civiles, mecánicos y eléctricos) (A) - Gerentes de proyecto (A) - Trabajadores de la construcción calificados (operadores de maquinaria pesada, soldadores, montadores de tuberías, etc.) (M) - Peones de la construcción (B)	- Desarrolladores de negocios (A) - Ingenieros de puesta en servicio (electricidad) (A) - Trabajadores del transporte (B)
Funcionamiento y mantenimiento (Energía geotérmica)	- Gerentes de planta (A) - Ingenieros de medición y control (A) - Soldadores (M) - Instaladores de tuberías y fontaneros (M)	- Maquinistas (M) - Electricistas (M) - Operadores de equipos de construcción (M) - Técnicos de calefacción y aire acondicionado (M)
Producción de biomasa (Bioenergía)	- Científicos agrícolas (A) - Gerentes de producción de biomasa (A, M) - Criadores de plantas y silvicultores (A, M)	- Trabajadores agrícolas forestales (B) - Trabajadores del transporte (B)
Actividades transversales / de capacitación (todos los sectores)	- Responsables de políticas y trabajadores de oficinas gubernamentales (A, M) - Personal de asociaciones comerciales y profesionales (A, M, B) - Educadores y formadores (A) - Gestores (A, M, B) - Administradores (A, M, B) - Editores y escritores de temas científicos (A, M)	- Representantes de aseguradoras (A, M) - Profesionales de TI (A, M) - Profesionales de recursos humanos (A) - Otros profesionales financieros (contables, auditores y financistas) (A) - Consultores en salud y seguridad (A, M) - Especialistas en ventas y marketing (A, M) - Clientes (A, M, B)

A: Altamente calificados (profesionales/directivos); M: Calificación media (técnicos/obreros calificados/personal de supervisión); B: Baja calificación. Fuente: OIT (2011).

En la Tabla 6 se presentan las principales instituciones de Baja California con actividades de formación de recursos humanos e investigación que son relevantes para esta área de especialización.

Tabla 6. Instituciones de educación superior e investigación relevantes

Institución	Actividades
Universidad Autónoma de Baja California	Carrera de Ingeniería en Energías Renovables
Centro de Estudios de las Energías Renovables (Instituto de Ingeniería de la UABC)	Investigación sobre recursos energéticos renovables Desarrollo de tecnología limpias y sistemas térmicos de refrigeración y aire acondicionado por absorción, adsorción y desecante Adaptaciones de tecnologías solares existentes Evaluaciones técnico-económicas de las tecnologías solares Formación de recursos humanos calificados Apoyo a PYMEs
Instituto Tecnológico de Mexicali	Carrera de Ingeniería en Energías Renovables
Universidad Politécnica de Baja California	Carrera de Ingeniería en Energía
Universidad Tecnológica de Tijuana	Carrera de Técnico Superior Universitario, Área de Calidad y Ahorro de energía solar.
Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP)	Formación de técnicos en sistemas eléctricos de potencia
Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial 144 (CECATI).	Formación de técnicos en sistemas eléctricos de potencia
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital – CITEDI del IPN, Tijuana, B.C.	Desarrollo, difusión y transferencia de investigación básica, aplicada y de desarrollo tecnológico de alto nivel en el área de electrónica y sistemas inteligentes Formación de recursos humanos a nivel de posgrado en sistemas de control y sistemas inteligentes
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)	Investigaciones científicas básicas y aplicadas en las áreas de Sismología, Geología y Geofísica Aplicada Investigación para explotar energías renovables marinas, tanto de recursos propiamente marinos (oleaje y mareas) como en zonas marítimas alejadas de la costa (eólicos, geotérmicos y bioenergía) Formación de recursos humanos a nivel de posgrado
Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM	Investigación básica y aplicada en nanotecnología
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo)-CICESE, Ensenada	Investigación científica dirigida y orientada al cambio, asimilación, paquetes tecnológicos y desarrollo tecnológico Actividades para fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en las empresas del sector geotérmico. Apoyar el desarrollo de las condiciones tecnológicas adecuadas para el desarrollo de la industria de energía geotérmica mexicana Formar recursos humanos especializados en energía geotérmica

Fuente: Cambiotec A.C.,2014, a partir de los sitios web de cada instituciones.

Es importante destacar que el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo) es un consorcio integrado por las siguientes instituciones a nivel nacional:

1. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
2. Centro de Geociencias de la UNAM (CGEO)
3. Instituto de Energías Renovables de la UNAM
4. Instituto de Geología de la UNAM
5. Instituto de Geofísica de la UNAM
6. Instituto de Ingeniería de la UNAM
7. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
8. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
9. Universidad Politécnica de Baja California (UPBC)
10. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
11. Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ)
12. Centro de Sismología y Volcanología de Occidente de la Universidad de Guadalajara (SisVoc)
13. Clúster de Energías Geotérmica y Renovables, A.C. (Clúster GEO)
14. Geocónsul, S.A. de C.V.
15. Geotem Ingeniería, S.A. de C.V.
16. Exploración, Perforación y Estudios del Subsuelo, S.A. de C.V. (EPYESA)
17. Geología, Minería y Consultoría, S.A. de C.V.
18. Especialistas en Turbopartes, S.A. de C.V.
19. Prados Camelinas, S.A. de C.V.
20. GS Energía, S.A. de C.V.
21. Generadores de Negocios en Energía Renovable y Ambientales, S.C.

3.3. Detalle de empresas RENIECYT en el área de especialización

La Tabla 7 ilustra las empresas activas en el sector de energías renovables de Baja California. Puede observarse su concentración en la producción e instalación de paneles solares. Vale la pena destacar la participación de Kyocera, empresa japonesa líder en el desarrollo de celdas solares, que tiene instalaciones muy importantes en Tijuana, donde realiza la fabricación de paneles solares para exportación. Esta empresa realiza investigación en su casa matriz enfocada al desarrollo de nuevos materiales, por lo que representa una oportunidad de colaboración para investigación en esta área.

Tabla 7. Empresas dedicadas a la producción y venta de equipo y servicios para energías renovables

Empresa	Actividad
Iberosolar Térmica y Fotovoltaica	Empresa Mexicana dedicada al Desarrollo de parques Solares Fotovoltaicos e Instalaciones sobre cubierta, así como desarrollo de proyectos de energía Solar Térmica para diversas aplicaciones como procesos industriales, agua caliente sanitaria y albercas
Energía Alternativa	Servicios enfocados en gestionar la eficiencia energética a nivel residencial, comercial e industrial mediante la venta e instalación de tecnología que permita reducir significativamente el consumo de energía eléctrica proveniente de la red pública
Gecko Logic México	Ofrece paneles solares en México
Solaria Energía Renovables	Empresa española, que se dedica a proyectos de energías renovables, especializada en sistemas fotovoltaicos tales como parques fotovoltaicos conectados a red, aislados, energía solar para edificios y cubiertas solares
Zero.energyon	Ofrece soluciones integrales para los ramos residencial, comercial e industrial que permiten una mejor utilización de la energía eléctrica mediante el ahorro, control y generación
Alhuey Construcciones	Distribución, Formación, Ingeniería, Instalación, Operación y mantenimiento de paneles solares
Baja Solar	Venta de sistemas solares autónomos e interconectados a CFE; venta de paneles fotovoltaicos, controladores de carga, inversores, generadores

Empresa	Actividad
	eólicos, sistemas solares y eólicos para yates o embarcaciones marinas, capacitación en cálculo e instalación
Tecnosolar	Venta, proyectos, mantenimiento e instalación de sistemas para el aprovechamiento de la energía solar térmica y fotovoltaica
Eco Globe	Asesoría, venta e instalación paneles solares sistemas hechos a la medida, Diagnósticos energéticos y plan de ahorro de energía
Energías Alternas	Compra-venta de sistemas de energía solar, interconexión a la Red Pública, sistemas de bombeo, refrigeradores, luminarias solares y todo lo relacionado con el ahorro de energía, sistemas eólicos, congeladores solares, diagnósticos energéticos
Ecogrid Solar Energy	Paneles solares para el sector residencial, comercial e industrial
Atlantis Solar Systems	Diseño, proyecto, venta, instalación y servicio de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red para uso residencial, comercial e industrial
Solar Baja	Equipos Fotovoltaicos e instalación
Sun Power, Mexicali	Fabricante de equipos Fotovoltaicos
Kyocera Mexicana	Subsidiaria de empresa líder que maquila paneles de energía solar, materiales cerámicos, para equipos comerciales y residenciales fotovoltaicos
Mexus Drilling International	Pozos geotérmicos: Perforación, reparación, estimulación, cementación y registros de presión y temperatura.
Constructora y Perforadora Latina	Principal empresa en perforaciones geotérmicas de Latinoamérica
Fuerza Eólica de Baja California	Instalación de parques eólicos. Cuenta con autorización de la Comisión Reguladora de Energía para la construcción de la eolieléctrica de La Rumorosa. La sede de la empresa está en el Distrito Federal y está ligada a Enron Wind
Unión Fenosa/ Zemer	Desarrollo de parques eólicos

Fuente: CamBioTec A.C., 2014, con base en información de los sitios web de las organizaciones.

3.4. Evolución de apoyos en el área de especialización

Las siguientes instituciones ofrecen apoyo para el desarrollo de este sector:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT.

- ✓ Fondo Sectorial de Energía SENER-CONACYT, apoyan proyectos de alto impacto. Un ejemplo es la creación del CEMIE-Geo.
- ✓ Fondo Mixto Baja California: ofrece apoyos para atender demandas específicas definidas por el gobierno del Estado.
- ✓ Fondos de apoyo al desarrollo tecnológico y la innovación: PEI, FINNOVA y FIT.

Secretaría de Energía, a través del citado Fondo Sectorial SENER-CONACYT y el Fondo Sectorial CFE-CONACYT.

Instituto Nacional del Emprendedor, INADEM, mediante apoyos para capacitación, equipamiento, desarrollo de proveeduría nacional y desarrollo regional

Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de Energía, SENER. Impulsa al sector energético con proyectos, programas y acciones para conseguir un mayor uso de las fuentes de energía renovable y las tecnologías limpias.

Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética, SENER-CONACYT. Apoya a instituciones de educación superior y centros de investigación que promuevan la innovación e investigación científica y tecnológica para fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y la 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).

Otras fuentes de 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 (PROCALSOL): 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).

Instituciones estatales.

Adicionalmente, las siguientes instituciones estatales ofrecen apoyo a la innovación en el sector:

Consejo de Ciencia e Innovación Tecnológica de Baja California, COCITBC: De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología de Baja California, el Consejo tiene, entre otras, las siguientes atribuciones (Art. 8):

I. Proponer políticas a la Secretaría de Desarrollo Económico para impulsar el desarrollo científico, tecnológico, la innovación y la vinculación en el Estado, en el marco de los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo, del Programa y de la política científica, tecnológica y de innovación de la entidad.

- II. *Asesorar a la Secretaría en la elaboración del proyecto del Programa*
- III. *Asesorar en materia de política de inversiones, destinadas a proyectos de investigación científica, y tecnológica, educación técnica y superior y, en general, para el desarrollo de la ciencia y la tecnología*
- IV. *Auxiliar y asesorar a las instituciones de educación y centros de investigación en la elaboración de programas, intercambio de profesores e investigadores, sistemas de información y documentación*
- V. *Impulsar la colaboración entre instituciones de educación superior y centros de investigación, y entre éstas y empresas en el Estado, en materia de desarrollo científico, tecnológico e innovación, en especial en proyectos con enfoque multi, inter y transdisciplinario*
- VI. *Promover el desarrollo sostenido del SIIDEBAJA en el cumplimiento de sus fines*
- VII. *Promover el desarrollo de tecnología endógena que contribuya a mejorar la eficiencia productiva y la competitividad de las empresas, así como el progreso social*
- VIII. *Promover los trabajos de ingeniería y diseño para complementar las funciones de investigación, desarrollo tecnológico e innovación*
- IX. *Impulsar el desarrollo de proyectos que contribuyan a la creación de empresas en el Estado, para la producción de bienes y servicios de alto valor agregado generados con tecnología de punta y para el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de las existentes*
- X. *Realizar estudios estratégicos en materia de ciencia, tecnología, innovación y vinculación, que permitan identificar retos y necesidades a atender para contribuir al desarrollo del Estado.*
- XI. *...*
- XII. *....*
- XIII. *Fomentar el registro, licenciamiento y aprovechamiento de patentes*

Secretaría de Desarrollo Económico. De acuerdo con la Ley de Energías Renovables (Art. 9), esta Secretaría tiene las siguientes funciones:

- I. Elaborar programas de impulso al desarrollo de sectores productivos, relacionados con la sustentabilidad energética y la aplicación de fuentes de energía renovables;
- II. Fomentar proyectos encaminados a la aplicación y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, en los sectores productivos;
- III. Elaborar un catálogo con las principales empresas relacionadas con el mercado de las fuentes de energía renovables y la sustentabilidad energética, con el propósito de promover la oferta de productos y servicios en la materia.

4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

Con base en el taller de consulta, las entrevistas con líderes de opinión del sector y la visita a empresas, se elaboró el siguiente análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la generación, uso y consolidación de la innovación en el sector de energías renovables.

4.1. Fortalezas

- Recursos humanos calificados.
- Operación de Centros de Investigación de calidad, principalmente para Geotermia y sistemas eléctricos.
- Existencia de la Ley de Energías Renovables y Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Operación de la Comisión Estatal de Energía.
- Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética.
- Empresas privadas activas en el sector, algunas son multinacionales líderes.
- Consenso político para impulsar esta área de especialización.
- Experiencia en alianzas empresariales con EUA.

4.2. Oportunidades

- Mercado creciente de Energía.
- Proximidad con EUA ofrece importantes oportunidades de cooperación tecnológica.

- Antecedentes de cooperación energética y empresarial (California y otros estados del oeste de EUA), programas bilaterales de cooperación científica y tecnológica (MUSEIC).
- Nueva legislación del sector: establece estímulos a la inversión.
- Amplia aceptación social.
- El gobierno entrante busca impulsar al sector como palanca de competitividad.
- Existencia de fondos públicos para financiar la innovación en el sector.
- Recursos crecientes para ciencia, tecnología e innovación para lograr el 1% del PIB en 2018.

4.3. Debilidades

- Carencia de recursos humanos calificados para eslabones específicos de la cadena de valor.
- Escasos recursos estatales para fomentar la investigación, innovación y creación de nuevas empresas.
- Regulación inadecuada para el fomento de proyectos innovadores en la industria.
- Escasa vinculación academia-empresa.
- Infraestructura tecnológica escasa y concentrada en pocas instituciones.
- Carencia de instrumentos financieros de riesgo para promover la innovación.
- Escasa experiencia en innovación tecnológica y protección de la propiedad intelectual.
- Baja transferencia de tecnología.

4.4. Amenazas

- Posibilidad de que empresas inversionistas continúen la filosofía de “plantas llave en mano”, sin insumos tecnológicos locales.
- Aumento de la dependencia energética estatal, a consecuencia de la apertura del mercado eléctrico.
- Débiles encadenamientos productivos del sector.
- Posibilidades de fuga de talento por el diferencial de salarios frente a EUA.

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

De acuerdo con el Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética que constituye el marco estratégico para la Agenda Sectorial de Innovación el objetivo general es:

“Aprovechar las fuentes y el potencial de energía renovable de Baja California para generar un consumo sostenible de energía, un ambiente limpio y desarrollo tecnológico”.

Entonces, el objetivo de innovación es contribuir a la transición energética de Baja California mediante insumos de conocimiento que fortalezcan la competitividad de las empresas del sector de las energías renovables y el uso sustentable de los recursos del Estado.

Los objetivos estratégicos para la agenda de innovación son:

- ✓ Establecer vínculos entre el sector académico y las empresas para coadyuvar en la articulación de una cadena de valor basada en el conocimiento.
- ✓ Desarrollar innovación en equipo, procesos y servicios que contribuyan a la reducir la dependencia energética del Estado.
- ✓ Fortalecer la formación y capacitación de recursos humanos altamente calificados para sustentar la transición energética competitiva.
- ✓ Hacer aportes innovadores para viabilizar sistemas de generación distribuida en el Estado.
- ✓ Contribuir a la formación de un Sistema Estatal de Información Energética.

6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

6.1. Energía Geotérmica

La Energía Geotérmica es la energía proveniente del núcleo de la Tierra en forma de calor; ésta fluye a través de fisuras en rocas y se acerca a la superficie, donde su acumulación depende de las condiciones geológicas del lugar.

En México, el Centro Mexicano de innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo) es un proyecto nacional de largo alcance cuyo objetivo general es establecer una alianza academia-industria que promueva:

- ✓ El desarrollo y la innovación en materia de geotermia.
- ✓ La formación de recursos humanos especializados.
- ✓ El fortalecimiento de infraestructura y de laboratorios especializados que den soporte a la investigación y al desarrollo tecnológico.

El CEMIE-Geo fue puesto en marcha en abril de 2014 con las siguientes metas concretas:

1. Establecer la infraestructura mínima necesaria, a nivel nacional, para el desarrollo de proyectos específicos en el área de geotermia.
2. Generar los Tablas de personal adecuados para la realización de proyectos específicos en el área de geotermia.
3. Generar bases de datos y mapas actualizados de gradiente geotérmico, flujo de calor y provincias geotérmicas para la República Mexicana.
4. Actualizar las estimaciones del potencial de generación eléctrica de los sistemas geotérmicos mejorados en México.
5. Desarrollar nuevas metodologías instrumentales y de procesamiento integral de datos geofísicos, geológicos y geoquímicos para la caracterización de zonas geotérmicas, con vista a la explotación comercial.
6. Diseñar material adecuado para difundir el conocimiento de la tecnología geotérmica entre grupos selectos, tales como cámaras industriales, grupos de inversionistas, así como entre el público en general.
7. Establecer lazos empresariales con instituciones y compañías interesadas en desarrollar nuevas técnicas de perforación.

6.2. Energía Eólica

Se define como el aprovechamiento de la energía cinética del viento transformada en energía mecánica o eléctrica.

El gobierno federal, junto con el estatal inauguró a principios de esta década el parque eólico La Rumorosa I, que cuenta con una capacidad instalada de 10 MW para abastecer de energía eléctrica a los cinco municipios del Estado. De acuerdo con la Comisión Estatal de Energía, existen dos importantes proyectos de energía eólica en proceso de desarrollo que en conjunto tendrán una capacidad instalada de más de 200 MW, principalmente para el

mercado de exportación y el resto para el autoabastecimiento del sector público e industrial y que representan más de 400 millones de dólares de inversión.

6.3. Energía Solar

La energía proveniente de la radiación del sol se puede aprovechar de tres formas, de acuerdo a la tecnología utilizada:

- Fotovoltaica: es la transformación de la radiación solar en electricidad a través de paneles, celdas, conductores o módulos fotovoltaicos, elaborados principalmente de silicio y formados por dispositivos semiconductores.
- Solar de alta concentración: paneles parabólicos que concentran la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.
- Térmica: es el aprovechamiento de la radiación solar para la captación y almacenamiento de calor a través de colectores termosolares.

Actualmente, existe un interés manifiesto en el país por contribuir al aprovechamiento de la energía solar. Prueba de ello es la reciente creación (en 2013) del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Sol), auspiciado por el Fondo Sectorial SENER-CONACYT bajo el liderazgo del Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Por otro lado, existen en Baja California diferentes iniciativas de investigación y productivas orientadas a capitalizar este potencial.

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS Y PLAN DE PROYECTOS

7.1. Descripción de proyectos prioritarios

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

7.1.1. Energía Geotérmica

Programa de desarrollo y transferencia de tecnologías para el aprovechamiento integral de la capacidad de los campos geotérmicos de Baja California.

Objetivo: Desarrollar y transferir tecnologías para generar electricidad y aprovechar el calor de los yacimientos geotérmicos de Baja California para diversos usos productivos.

Justificación: De acuerdo con el PEER, “la capacidad geotérmica actual instalada en Cerro Prieto es de 720 megawatts (MW). De acuerdo a los estudios realizados en el pasado, el campo geotérmico de Cerro Prieto tiene una reserva estimada de 1,200 MW, con reservas comprobadas de 840 MW”. Por eso se plantea la necesidad de avanzar racionalmente en el aprovechamiento de esta capacidad, cuidando evitar la sobreexplotación y utilizando “subproductos” de la energía calorífica del yacimiento (por ejemplo en la climatización de invernaderos y bombas de calor geotérmicas para acondicionamiento de espacios habitacionales y comerciales en Mexicali). El proyecto debe contemplar mecanismos efectivos de transferencia de tecnología, aprovechando la existencia de un consorcio en el que ya participan empresas privadas.

Descripción: Se trata de un programa que se integraría a la operación del CEMIE-Geo con la idea de avanzar en la concreción de proyectos ya contemplados, pero dotándolos

de una fuerte orientación a la constitución de nuevos negocios para empresas participantes, por lo que el componente de transferencia de tecnología es esencial. La evaluación de los proyectos individuales se realizaría de acuerdo con la práctica actual del CEMIE-Geo.

Factores críticos de éxito: El éxito de este programa depende de los siguientes factores:

- ✓ Participación de la Comisión Federal de Electricidad por ser la empresa que opera el principal campo geotérmico.
- ✓ Que el CEMIE-Geo tenga el liderazgo y coordinación del programa y que los proyectos individuales se integren a la cartera actual.
- ✓ Que se logre la participación de empresas privadas para generar modelos de negocio a partir de los resultados de los proyectos.
- ✓ Que se inyecten recursos adicionales a los que tiene ya el CEMIE-Geo, recurriendo a fuentes como el PEI, INADEM y FIT.
- ✓ Que cada proyecto individual tenga definida una estrategia de transferencia de tecnología en el contexto de su plan de negocio.
- ✓ Que se incorporen tecnologías y competencias básicas y que se formalice un conjunto de arreglos institucionales requeridos para que los proyectos sean viables, de acuerdo con lo mostrado en el siguiente mapa de ruta.

Ilustración 7. Mapa de ruta del proyecto



Fuente: Cambiotec, A.C., 2014.

7.1.2. Energía Eólica

Red para el desarrollo de capacidades, instrumentos y sistemas para la interconexión de generadores eólicos al sistema de distribución eléctrica, en conformidad con las resoluciones de la Comisión Reguladora de Energía.

Objetivo: Establecer una red de colaboración interinstitucional para el desarrollo de capacidades, instrumentos y sistemas que faciliten la integración de las plantas eoloeléctricas a la red de distribución de Baja California, a efectos de contribuir el abasto local y la exportación de energía.

Justificación: De acuerdo con Alejandro Díaz Bautista, “un punto fundamental es lograr la conexión de estas plantas eólicas al sistema eléctrico de Baja California y al sistema

interconectado nacional para la distribución del fluido eléctrico”. Más aún: en el contexto nacional mexicano, los principales puntos pendientes para lograr la exportación de energía a Estados Unidos son principalmente: Impulsar y acelerar el desarrollo de líneas de transmisión e interconexiones que faciliten la exportación de energía eólica y de otras fuentes renovables a los EE. UU., en particular la interconexión entre la red de la CFE y el sistema de Baja California.

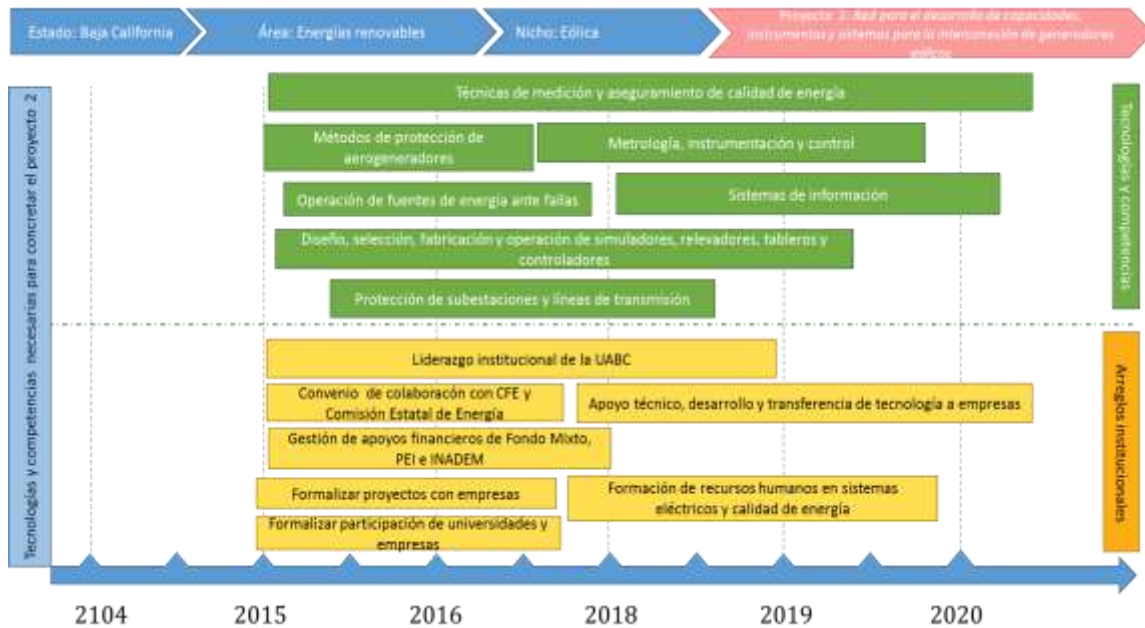
Descripción: Se trata de establecer una red colaborativa entre instituciones y empresas de Baja California que poseen capacidades y experiencia en ingeniería eléctrica, electrónica, control y manufactura para proveer capacitación, formación especializada, asistencia técnica y soluciones tecnológicas para lograr la interconexión óptima de las instalaciones eoloeléctricas del Estado a la red.

Factores críticos de éxito: Liderazgo de la Red por parte del Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital – CITEDI.

- ✓ Definición de un programa de trabajo para los diferentes integrantes de la Red, con una fuerte orientación a la generación de soluciones técnicas para asegurar la calidad de energía de acuerdo con las normas.
- ✓ Articular la Red con los trabajos del Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico)
- ✓ Contemplar la participación de PYME interesadas en fabricar equipo electrónico y de control para generar una cadena de suministro a las empresas.
- ✓ Contar con la colaboración de la Comisión Federal de Electricidad, LAPEM y la Comisión Estatal de Energía
- ✓ Participación en la Red de las empresas privadas encargadas de instalar parques eólicos, las cuales deben definir sus necesidades y financiar proyectos específicos
- ✓ Financiamiento de la Red y su programa inicial de trabajo por el Fondo Mixto Baja California o del Fondo Sectorial SENER-CONACYT.

- ✓ Financiamiento a proyectos concretos por el PEI.
- ✓ Financiamiento para desarrollo de proveedores (PYME) por parte de INADEM.
- ✓ Cooperación con instituciones y empresas de California para incorporar criterios y marco normativo del Operador del Sistema de California (CAISO).
- ✓ Ofrecer a los desarrolladores potenciales de parques eólicos de exportación en México programas de capacitación y difusión sobre opciones de transmisión, mejorando el nivel actual de información sobre la situación a ambos lados de la frontera, los procesos regulatorios asociados y las posibles fuentes de financiamiento, teniendo en cuenta que es poco probable que los desarrolladores asuman el riesgo de construir parques eólicos sin la garantía de que se podrá exportar dicha energía a los centros de consumo en California.

Ilustración 8. Mapa de ruta del proyecto



Fuente: Cambiotec, A.C., 2014.

7.1.3. Energía Solar

Desarrollo y transferencia de tecnología para optimizar la fiabilidad, fabricación, aplicación, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

Objetivo: Desarrollar y evaluar nuevos materiales para celdas fotovoltaicas y aplicaciones de esta fuente de energía como nuevos sistemas de refrigeración solar y bombas solares para riego.

Justificación: La energía solar fotovoltaica ha sido identificada como una tecnología de rápido crecimiento con un potencial de aplicación alto. Por ser modular, puede ser usada en muchas aplicaciones. Sin embargo, el mayor obstáculo para su uso en gran escala es el alto costo de inversión inicial y que los costos de generación siguen siendo mucho mayores

que los asociados a fuentes convencionales. Como resultado, el uso de los generadores fotovoltaicos está limitado a aplicaciones en las que el costo de introducción de la red eléctrica convencional y del consumo de la electricidad es alto, o bien donde es necesario un generador limpio, silencioso y confiable.

Por lo anterior, la factibilidad de la aplicación más amplia de la energía fotovoltaica depende en buena medida de la innovación en celdas de alta eficiencia que aumenten sustantivamente la tasa de conversión. Se requiere un esfuerzo importante de investigación para trabajar con celdas solares de primera (silicio cristalino, policristalino), segunda (materiales en capa delgada) y tercera generación (Graetzel, nano estructuradas y poliméricas), su escalamiento a prototipos y hasta el diseño, fabricación y pruebas a escala industrial.

Descripción: Se trata de un proyecto de mediano y largo plazo que requiere la programación de actividades de investigación en ciencia de materiales y nanotecnología, para lo cual se requiere un ambiente de colaboración interinstitucional. El proyecto puede ser liderado por la Universidad Autónoma de Baja California que cuenta con el Centro de Estudios de Energías Renovables y su Instituto de Ingeniería. Es importante involucrar en el proyecto a otros centros de investigación como el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM y el CICESE, así como a empresas líderes en innovación en este nicho de especialización.

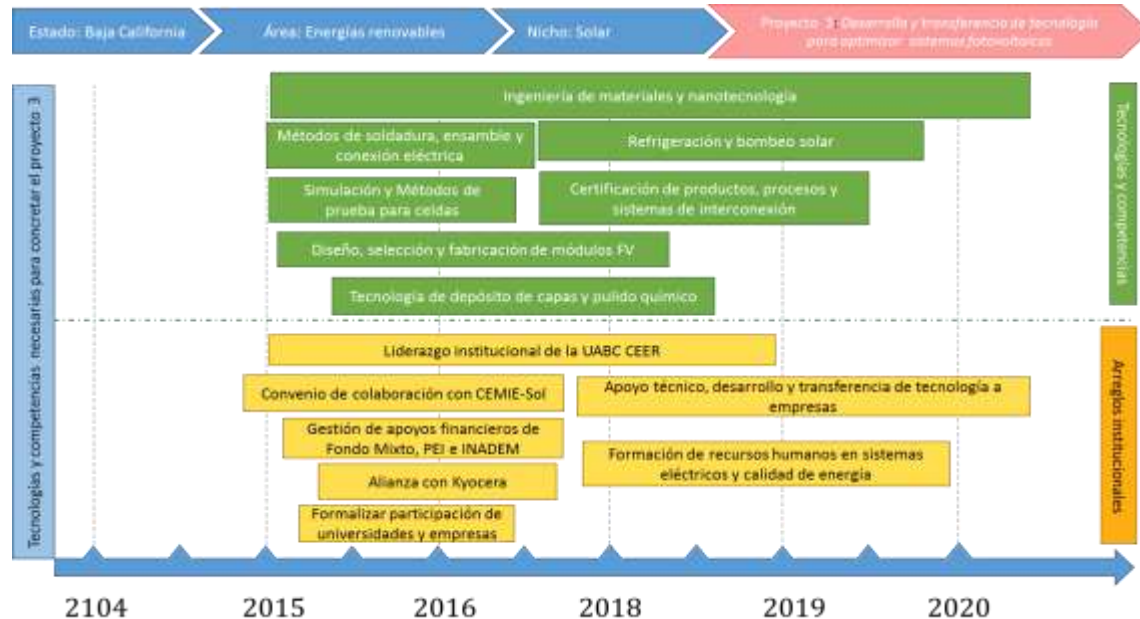
Mediante este proyecto, Baja California puede integrarse al trabajo del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CEMIE-Sol). El proyecto puede ser financiado por el Fondo Sectorial SENER-CONACYT, el Fondo Mixto Baja California y recursos del sector privado.

Factores críticos de éxito:

- ✓ Liderazgo por parte del CEER de la UABC.

- ✓ Alianza para investigación con Kyocera, una empresa global líder que tiene su unidad de producción de paneles solares en Tijuana y que realiza en su casa matriz investigación y desarrollo en nuevos materiales.
- ✓ Participación de centros de investigación y universidades en actividades concretas.
- ✓ Consolidar mecanismos de cooperación científica y técnica con instituciones de Estados Unidos.
- ✓ Adopción de un enfoque pragmático para trabajar en la evaluación de celdas mediante pruebas y desarrollo de aplicaciones que puedan transferirse expeditamente a empresas que operan en el Estado.
- ✓ Integrarse al programa de actividades del CEMIE-Sol.
- ✓ Gestionar financiamiento del Fondo Sectorial SENER-CONACYT, el Fondo Mixto y otros fondos para el apoyo a la innovación en empresas.

Ilustración 9. Mapa de ruta del proyecto



Fuente: Cambiotec, A.C., 2014.

7.1.4. Proyecto complementario transversal

Programa de desarrollo de proveedores de servicios de mantenimiento y proveeduría local.

Objetivo: Desarrollar las capacidades en servicios de mantenimiento y de proveeduría local para la instalación de sistemas de aprovechamiento de energías renovables en el estado.

Justificación: Como complemento directo de las capacidades de aprovechamiento de fuentes alternativas de energía, se identifica la necesidad de contar, desarrollar y consolidar un icho comercial sobre sistemas de mantenimiento y proveeduría local de insumos, que satisfaga la demanda esperada de los sistemas que se establezcan o que se encuentra ya en operación.

Descripción: Ya existen instalaciones de escala comercial en Baja California para el aprovechamiento de las fuentes eólica, solar y geotérmica. Estas instalaciones requieren mantenimiento para que tengan una operación eficiente y confiable. Actualmente no hay empresas que ofrezcan servicios técnicos especializados para dar mantenimiento preventivo y correctivo y, por otro lado, ofrecer refacciones para los diversos componentes de plantas. Ante esto, se propone un programa de desarrollo de proveedores locales de servicio y refacciones que consiste en capacitar empresas y apoyarlas con talleres y laboratorios especializados que apuntalen sus capacidades.

7.2. Matriz de proyectos

Tabla 8. Matriz de proyectos del área Energías Renovables

Nicho	Proyecto Prioritario (P), complementario (C)		Objetivo	Fuentes probables de financiamiento
Geotérmica	1. Programa de desarrollo y transferencia de tecnologías para el aprovechamiento integral de la capacidad de los campos geotérmicos de Baja California	P	Objetivo: Desarrollar y transferir tecnologías para generar electricidad y aprovechar el calor de los yacimientos geotérmicos de Baja California para diversos usos productivos. Los elementos de innovación son: aprovechamiento de "subproductos" de la geotermia, comercialización de servicios y transferencia de tecnología, enfoque de aprovechamiento sustentable.	FOMIX, PEI, FINNOVA, INNOVAPYME SENER, INADEM, PROMÉXICO
Eólica	2. Red para el desarrollo de capacidades, instrumentos y sistemas para la interconexión de generadores eólicos al sistema de distribución eléctrica, de conformidad con las resoluciones de la Comisión Reguladora de Energía	P	Objetivo: Establecer una red de colaboración interinstitucional para el desarrollo de capacidades, instrumentos y sistemas que faciliten la integración de las plantas eoloelectricas a la red de distribución de Baja California, a efectos de facilitar el abasto local y la exportación de energía. Los elementos de innovación son: impulso al desarrollo de líneas de transmisión e interconexiones entre la red CFE y Baja California, estrategia de trabajo como red de vinculación, y soluciones técnicas para asegurar la calidad de la energía (cumplimiento de normatividad).	FOMIX, PEI, FINNOVA, INNOVAPYME SENER, INADEM, PROMÉXICO

Nicho	Proyecto Prioritario (P), complementario (C)		Objetivo	Fuentes probables de financiamiento
Solar	3. Desarrollo y transferencia de tecnología para optimizar la fiabilidad, fabricación, aplicación, instalación y mantenimiento de sistemas de aprovechamiento de energía solar	P	Objetivo: Desarrollar y evaluar nuevos materiales para celdas fotovoltaicas y aplicaciones de esta fuente de energía, como nuevos sistemas de refrigeración solar y bombas solares para riego. Los elementos de innovación son: desarrollo de materiales y nanotecnología para fabricar celdas de primera y tercera generación, desarrollo de capacidades técnicas para diversificar el aprovechamiento de energía solar.	FOMIX, PEI, FINNOVA, INNOVAPYME SENER, INADEM, PROMÉXICO
	4. Programa de desarrollo de proveedores de servicios de mantenimiento y proveeduría local. {Proyecto transversal a los tres nichos}	C	Objetivo: Desarrollar las capacidades en servicios de mantenimiento y de proveeduría local para la instalación de sistemas de aprovechamiento de energías renovables en el estado. El elemento de innovación radica en el establecimiento del nicho de proveeduría y servicios de mantenimiento para los sistemas de aprovechamiento de energías renovables en el Estado, siendo el primer esfuerzo de este tipo sentará la base para replicarlo en otros estados.	FOMIX, PEI, FINNOVA, INNOVAPYME SENER, INADEM, PROMÉXICO

Fuente: Cambiotec, A.C., 2014.

8. REFERENCIAS

- ABC.es. 2014. Acosta A. *La mayor planta solar térmica del mundo está en el desierto de Mojave*. Revista electrónica Natural. Disponible en: <http://www.abc.es/natural-energiasrenovables/20140228/abci-planta-solar-termica-mojave-201402281019.html>; 20 de noviembre de 2014.
- ABC.es. 2014. *Crean la primera batería solar del mundo*. En Revista electrónica ABC.es/Ciencia. Disponible en: <http://www.abc.es/ciencia/20141003/abci-crean-primera-bateria-solar-201410031738.html>; 24 de noviembre de 2014.
- Agenda Ciudadana de Ciencia e Innovación, Unión Europea (Agenda Ciudadana). 2010. Reto 2030. Disponible en: http://www.reto2030.eu/retos/reto_2.html?retold=2; 24 de noviembre de 2014.
- Alatorre, F.C. (2009). *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2009*, Secretaría de Energía (SENER), Edición septiembre 2009: versión en español.
- ANES (2010). "Balance Nacional de Energía 2010", Recuperado el 1o de diciembre de 2011, de http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=13
- Beltrán, Calva, Cordero, Sánchez, Robles (2013). *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*, México. Secretaría de Energía, Recuperado de http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/Prospectiva_Energias_Renovables-2013-2027.pdf
- Bullis K.; trad. Francisco Reyes. 2013. *Un material para generar energía solar a precio "casi regalado"*. MIT Technology Review. Disponible en: http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=43661; 25 de noviembre de 2014.
- Campbell, Díaz, Quintero y Muñoz (2010). *Baja California: Perfil Energético 2010-2020 Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales*. Recuperado de <http://www.energiabc.gob.mx/files/public/pdf/PerfilEnergeticoBC2010-2020.pdf>
- Centro de Estudios de las Energías Renovables (CEENER), Recuperado el 18 de junio de 2014 de <http://institutodeingenieria.uabc.mx/index.php/investigacion/energias-renovables>
- CFE (2010). *Unidades Generadoras en Operación. Capacidad, 2009*. Comisión Federal de Electricidad. México: 130.
- CFE (2011). *Comportamiento de los Contratos de Interconexión en pequeña y mediana escala*, 31 de diciembre de 2011. Recuperado el 22 de junio de 2014 de <http://www.cre.gob.mx/documento/2109.pdf>

- CIDET. 2014. Paneles solares a base de perovskita favorecen la producción solar. Disponible en: <http://www.cidet.org.co/corporativo/noticias/paneles-solares-a-base-de-perovskita-favorecen-la-produccion-solar>; 24 de noviembre de 2014.
- Comisión Estatal de Energía de Baja California, Facultades (actualizado al 30 de junio de 2014), CEE, Mexicali.
- Congreso de Baja California (2012). Ley de energías renovables en Baja California Recuperado de <http://www.transparenciabc.gob.mx/wps/wcm/resources/file/eba65f0a6669e7f/Leve%20de%20energias%20renovables.pdf>
- Congreso de Baja California (2012). Ley de Energías Renovables para el Estado de Baja California, Publicada en el Periódico Oficial No. 28, de fecha 22 de Junio de 2012, Tomo CXIX, Recuperado de http://www.congresobc.gob.mx/Parlamentarias/TomosPDF/Leyes/TOMO_VII/Leve_nergrenov.pdf
- CRE (2010). Permisos para la Generación Privada. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: <http://cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>
- Crisp Green. 2010. *GE Ecomagination Challenge Winners Annunced*. Live OAK Media, 2010. Disponible en: <http://crispgreen.com/2010/11/ge-ecoimagination-challenge-winners-announced/>; 25 de noviembre de 2014.
- Darhmouth/Petrenko Ice Management Technology. S/a. PETD wind blade anti-icing deicing short. Disponible en: <http://www.polar-star.us/>; 25 de noviembre de 2014.
- El constructor. 2012. “Wind Lens”, un nuevo tipo de generador eólico. Revista electrónica El constructor. Disponible en: <http://www.elconstructor.com.mx/index.php/secciones/desarrollo-sustentable-y-medio-ambiente/189-wind-lens-un-nuevo-tipo-de-generador-eolico>; 23 de noviembre de 2014.
- Empresas energía solar de Baja California, Recuperado de http://mexico.solarweb.net/c/2/empresas-energia-solar-Baja-California-p1.html?comunidad=2&resultados_pagina=20&orden=rank.DESC
- Estrada e Islas (2010). Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo tecnológico para México, primera edición. Academia Mexicana de Ciencias, México.
- Gobierno de Baja California (2013), Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética, Mexicali
- Hiriart G. (2011). Evaluación de la Energía Geotérmica en México, Informe para el BID. México.

- IAEA (2005). Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologie, Sales and Promotion Unit, Publishing Section International Atomic Energy Agency. Austria.
- IIE (2010). Explorador de Recursos Renovables. Recuperado el 10 de julio de 2014 de <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx>
- Jacobson M. 2009. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. Energy & environment science. 2009, 2; 148-173. Disponible en: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/ReviewSolGW09.pdf>; 24 de noviembre de 2014.
- LM Wind Power. s/a. disponible en: <http://www.lmwindpower.com/>; 23 de noviembre de 2014.
- Morales (2011). Cuarenta años de investigación y desarrollo en celdas solares en el CINVESTAV, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, México, D.F.
- NRL News. 2014. *Wiens K. solar power when it's raining: NRL builds space satellite module to try*. Disponible en: <http://www.nrl.navy.mil/media/news-releases/2014/solar-power-when-its-raining-nrl-builds-space-satellite-module-to-try>; 20 de noviembre de 2014.
- Pedraza (2008). Estadísticas e Indicadores de Energía como Herramienta para el Desarrollo de Políticas Públicas. Seminario Internacional de Políticas Públicas y Mecanismos para el Fomento de la Eficiencia Energética en Latinoamérica.
- Price Waterhouse Cooper (2014), Reforma energética de México, PWC, México, D.F.
- ProMéxico (2012), Es momento de renovar al planeta con México, Proméxico, Secretaría de Economía, México, D.F.
- ProMéxico (2013) Mapa de Inversión en Energías Renovables, Proméxico, Secretaría de Economía, México, D.F.
- ProMéxico. Energías alternativas en México, Recuperado el 24 de junio de 2014 de <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/energias-alternativas-en-mexico.html>
- ProMéxico. Energías Renovables, Recuperado el 24 de junio de 2014 de http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy
- Ruelas. Desarrollo de investigación y aplicación de tecnología para el aprovechamiento de las energías renovables en Baja California. Foro de Análisis de Investigación, Desarrollo y Gestión Tecnológica en ITESCA, Recuperado de <http://www.itesca.edu.mx/investigacion/foro/carp%20ponencias/ER.pdf>
- Sánchez (2008). El cambio global del clima y algunos efectos sobre los ecosistemas. De las bacterias al clima: un enfoque ecológico, México, D.F., UAM, pp. 207-233.
- Secretaría de Energía (2010). Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025, México, p. 188.

- Secretaría de Energía (2010). Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, Primera Edición, México.
- Secretaría de Energía (2010^a). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Primera edición, México
- Secretaría de Energía (2010b). Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025, Primera Edición, México.
- Secretaría de Energía (2013). Estrategia Nacional de Energía. Primera Edición, México
- Secretaría de Energía (2013). Estrategia Nacional de Energía. Recuperado de http://www.energia.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf
- Secretaría de Energía (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 Recuperado de http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/el_pnd_2013_2018_y_el_pronase_2014_2018
- Secretaría de Energía. Las Energías Renovables en México y el Mundo, Semblanza, Recuperado de http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/se_mblanza.pdf
- Senado de la República (2004). Nuevas Energías Renovables: una alternativa Energética sustentable para México (Análisis y Propuesta), Recuperado de http://xml.cie.unam.mx/xml/se/pe/NUEVAS_ENERG_RENOV.pdf
- Statoil. 2014. Hywind installation: How can we improve to bring more wind energy to the world? Disponible en: <http://innovate.statoil.com/challenges/hywind/Pages/default.aspx>; 24 de noviembre de 2014.
- Video complementario. HyWind. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=GAyPpQ4gnig>; 24 de noviembre de 2014.
- Tendencias21. 2011. *Piacente P. nanotubos de carbono permiten el almacenamiento eficiente de energía*. Revista electrónica Tendencias21. Tendencias de la Ingeniería. Disponible en: http://www.tendencias21.net/Nanotubos-de-carbono-permiten-el-almacenamiento-indefinido-de-energia_a7050.html; 20 de noviembre de 2014.
- USAID (2009) Estudio del Potencial de Exportación de Energía Eólica de México a Estados Unidos, United States Agency for International Development, USAID No. EPP-I-03-03-00008-00, México, D.F.
- Vercelli A. 2013. *EoleWater WMS 1000 turbina eólica de 30kw cosecha del aire más de 1000 litros de agua potable al día*. En Energías como bienes comunales, sitio web. Disponible en: <http://www.energias.bienescomunales.org/2013/02/28/eolewater-wms1000-turbina-eolica-de-30kw-cosecha-del-aire-mas-de-1000-litros-de-agua-potable-al-dia/>; 24 de noviembre de 2014.

9. APÉNDICES

Apéndice A. Listas de asistencia a los talleres sectoriales



Lista de asistencia. Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 1 julio 2014

Hora: 16:00
hrs

Sede: BIT CENTER-Tijuana

Estado: BAJA
CALIFORNIA

Sector de actividad económica:

Energías Alternas

Facilitador(es) del taller:

M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

#	GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
1		Fidelmar López, Jorge Salazar	ALHUEY CONSTRUCCI ONES S.A. DE C.V.	Director General	686 563-3131	alhueycostrucciones@gmail.com	
2		Fernando Cano Rueda	Solar Baja	Director General	664.623.94.93	fcano@bajasolar.com	
3		C. Abraham Rodriguez Muñoz	Energia Alternativa	Director General	646 947 84 83	arodriguez@energiaalternativa.com.mx	
4		Alberto Sánchez Hatz	Tecno Solar	Director General	(686) 554 5026.	asanchez@tecnosola.com.mx	
5		Manuel Ruiz	ECO GLOBE S DE RL DE CV	Director General		manuelruiz@ecoglob.com.mx	
6		Gabriela Velázquez	Baja Solar	Director General	(646) 136-0615	gabulu@escueladeenergiasolar.org	
7		Héctor del Águila	ATLANTIS SOLAR SYSTEMS, SA DE CV	Director General	(664) 608 - 9775	ventas@atlantissolarsystems.com	



Lista de asistencia.
Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 1 julio 2014 Hora: 16:00 hrs Sede: BIT CENTER-Tijuana Estado: BAJA CALIFORNIA

Sector de actividad económica: Energías Alternas

Facilitador(es) del taller: M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

#	GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
8		Rafael Campillo	SOLAR IA ENERGIAS RENOVABLES	Director General	927 222 373.	rafa@solariaer.es	
9		Antonio Bustamante	GECKO LOGIC MEXICO	Director General	664 604 1545	soporte@geckologic-mexico.com	
10		Victor Pavón	Energías Alternas SA de CV	Director General		vpavon@hotmail.com	
11		José Ma. Covarrubias	ZERO.energyon	Director General	664 688 3642	zero.energyon@hotmail.com	
12			Ecogrid Solar Energy		664 633 9793	ventas@ecogrid.com.mx	
13		Jose Sandoval	ESSOLAR1	Director General	686-5633914	jsandoval1@hotmail.com	
14	Ing.	José Arroyo	Energy Forever	Director General	(646)177-90-01	josearroyo@estructurasypuertos.com	
15	Dr	Daniel Saucedo	CICESE		(686) 136-7081	daniels.sauceda@gmail.com	



Lista de asistencia.
Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 1 julio 2014 Hora: 16:00 hrs

Sede: BIT CENTER-Tijuana

Estado: BAJA CALIFORNIA

Sector de actividad económica:

Energías Alternas

Facilitador(es) del taller:

M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

#	GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
16	Dra.	Gisela Montero Alpirez	UABC		(686) 566-4150	gmontero@uabc.edu.mx	
17	Dr.	Edgar Valenzuela	UABC		(686) 570-3722	evalenzuela.mondaca@uabc.edu.mx	
18	Dr.	Juan de Dios Ocampo	UABC				
19	C.P	Juan Jesus Algravez Uranga	UPBC		(686) 104-2734	rectoria@upbc.edu.mx	
20	Ing.	Jesus David Horta Méndez	CISA Energía		(664) 478-8000	david_horta@cisae.com	
21		No lo conseguí	TurboPower		(686) 568-3309		
22	Ing.	Arturo Corral Campos	BLP		(686) 216-7271		
23		contacto	SIEESA		(686) 157-6288		
24	Ing.	Gabriel Márquez	Sayab		(686) 554-8822	gmarquez@sayabenergia.com	
25	Ing.	Carlos Covarrubias	SunPower		(686) 454-3400	carlos.covarrubias@sunpowercorp.com	
26	Ing.	Julián Martínez	Quarkss		(664) 625-6710	julian.martinez@quarkss.com	
27	M.C.	Arturo Medrano Leal	FUMEC		(686) 962-1166	amedrano@fumec.org	



Lista de asistencia.
Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 1 julio 2014

Hora: 16:00
hrs

Sede: BIT CENTER-Tijuana

Estado: BAJA
CALIFORNIA

Sector de actividad económica:

Energías Alternas

Facilitador(es) del taller:

M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

#	GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
28	Lic.	Miguel Velasco Bustamante				mvb4906@gmail.com	
29	Arq.	Arturo Carrillo Viveros	ENERGIA SUSTENTABLE			energiasustentable@live.com	
30	Ing.	Uri Lopez	Kyocera		(664)6820111 Cel (664)4083986	urigllen@gmail.com	
31	Dr.	José Manuel Romo Jones	CICESE		(646)1750500 xt. 26311	jromo@cicese.mx	
32	Dr.	Nicolas Velázquez Limón	Edif. Instituto de Ingeniería, UABC	Jefe del CEENER-UABC	(686) 5664150	nicolas.velazquez@uabc.edu.mx	
33	Ing.	Jesus Garcia Molina	UABC				
34	C.P.	Francisco Javier Orduño Valdez	Comisión Estatal de Energía (CEEBC)		(686) 838-7721 y 22	jorduno@energiasbc.gob.mx	
35		Alejandro Ríos	SEMPRA			alejandroriosripa@msn.com	
36		Miguel Romero	SEMPRA US			xmrcx@hotmail.com	
37	Lic.	Miguel Velasco Bustamante				mvb4906@gmail.com	



Lista de asistencia.
Taller de trabajo para definición de la agenda sectorial de Innovación

Fecha: 1 julio 2014 Hora: 16:00 hrs Sede: BIT CENTER-Tijuana Estado: BAJA CALIFORNIA

Sector de actividad económica: Energías Alternas

Facilitador(es) del taller: M.C. Carlos Gerardo López, Dra. Carmen Alcalá, Dr. Ismael Plascencia

#	GRADO	NOMBRE	ADSCRIPCION	CARGO	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
38	Arq.	Arturo Carrillo Viveros	Energia Sustentable, SA de CV	<i>Director 2</i>	<i>664 2216797</i>	<i>energiasustentable@live.com</i>	<i>[Signature]</i>
39	HC/LAB	<i>Miguel Sanchez</i>	<i>PROMEXICO</i>	<i>PROCTOR PROMEX</i>	<i>664 2191667</i>	<i>MIGUEL-SANCHEZ@PROMEXICO.COM</i>	<i>[Signature]</i>
40	MC	<i>VICTOR IZQUIERDO</i>	<i>TTU</i>	<i>Coordinador</i>	<i>664 4264707</i> <i>Cellular.</i>	<i>vizquardo@ppittelecom.com</i>	<i>[Signature]</i>

Apéndice B: Análisis del impacto de las tecnologías para generación de energía con fuentes renovables: Resumen de Artículo

Revisión de las soluciones al calentamiento global, la contaminación ambiental y la seguridad energética.

**Mark Z. Jacobson
Energy & Environmental Science**

“Este artículo revisa y clasifica las principales soluciones relacionadas con la energía ante el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética, teniendo en cuenta otros impactos de las soluciones propuestas, tales como: el consumo de agua, el uso del suelo, impacto en la vida silvestre, la disponibilidad de recursos, la contaminación térmica y química del agua, la proliferación nuclear, y la desnutrición. Se consideran nueve fuentes de energía eléctrica y dos opciones de combustibles líquidos. Las fuentes de energía eléctrica-incluyen la energía solar fotovoltaica (PV), la energía solar concentrada (CSP), eólica, geotérmica, hidroeléctrica, de las olas (undimotriz), de las mareas (mareomotriz), la energía nuclear y el carbón con tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS). Las opciones de combustibles líquidos incluyen etanol de maíz (E85) y etanol celulósico (E85). Para ubicar las fuentes eléctricas y los combustibles líquidos en condiciones de igualdad, examinamos sus capacidades comparativas para hacer frente a los problemas mencionados, como fuentes de energía en vehículos de nueva tecnología, que incluyó los vehículos de batería eléctrica (BEVs), vehículos de pila de combustible de hidrógeno (HFCVs) y vehículos con combustible E85. Se consideran doce combinaciones de vehículos por tipo de fuente de energía. Tras la clasificación y ponderación de cada combinación con respecto a cada una de las 11 categorías de impacto, resultaron cuatro claras divisiones de rango, o niveles. Nivel 1 (el más alto del ranking) incluye vehículos “BEVs eólicos” y “HFCVs eólicos”. El Nivel 2 incluye vehículos “CSP-BEV”, “BEV geotérmicos”, “PV-BEV”, “BEVs-mareomotriz” y “BEVs-undimotriz”. El Nivel 3 incluye vehículos “hidro-BEV”, “BEVs nucleares” y “CCS-

BEV". El Nivel 4 incluye los propulsados por combustibles de maíz y celulósico-E85. **Los "BEVs eólicos" ocuparon el primer lugar en siete de las 11 categorías, entre ellas las dos más importantes: reducción de la mortalidad y reducción del cambio climático.** Aunque los vehículos HFCVs son mucho menos eficientes que los BEV, los vehículos "HFCVs eólicos" son todavía muy limpios y se clasificaron en segundo lugar entre todas las combinaciones. En el Nivel 2, las opciones proporcionan beneficios significativos y se recomiendan. Para el Nivel 3, las opciones son menos deseables. Sin embargo, la energía hidroeléctrica, que se clasificó por encima de carbón-CCS y de la energía nuclear, con respecto al clima y la salud, es un equilibrador de carga excelente, por lo tanto, se recomienda. Las combinaciones en el Nivel 4 (etanol celulósico-E85 y etanol de maíz-E85) se clasificaron más bajo en general y con respecto al clima, la contaminación del aire, el uso del suelo, los daños hacia la vida silvestre, y residuos químicos. La propulsión con etanol celulósico-E85 se clasificó más bajo que el etanol de maíz-E85; principalmente debido la información más reciente sobre su huella ecológica potencialmente mayor, y por sus altas emisiones de contaminación del aire, que superan al etanol de maíz-E85. Mientras el etanol celulósico-E85 puede causar la mayor mortalidad humana en promedio, los vehículos "BEVs nucleares" se ubican en el límite superior del riesgo de mortalidad, debido a la expansión de la separación de plutonio y el enriquecimiento de uranio en las instalaciones de energía nuclear en todo el mundo. Los vehículos "BEVs eólicos" y "CSP-BEVs" causan la menor mortalidad. El área de la huella ecológica de "BEVs eólicos" es de 2-6 veces menor que la de cualquier otra opción. Debido a su menor huella ecológica y baja contaminación, los vehículos "BEVs eólicos" producen la menor pérdida de vida silvestre. El mayor consumidor de agua es el etanol de maíz-E85. Los más bajos son "BEVs eólicos", "BEVs mareomotriz", y los "BEVs undimotriz". En teoría, EE.UU. podría reemplazar todos los vehículos 2007 en circulación con BEVs impulsados por turbinas eólicas de 73000-144000 5 MW, que son menos de los 300,000 aviones producidos durante la Segunda Guerra Mundial, reduciendo el CO₂ de los Estados Unidos de 32.5 a 32.7% y casi eliminar las muertes 15,000 anuales relacionadas con la contaminación del aire hacia 2020. En suma, el uso del viento, CSP, geotérmica, mareomotriz, PV, undimotriz, y la

hidráulica para suministrar electricidad a los BEV y HFCVs y, por extensión, la electricidad para los sectores residencial, industrial y comercial, resultará en el mayor beneficio entre las opciones consideradas. La combinación de estas tecnologías debería avanzar como una solución ante el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética. El uso de carbón-CCS y energía nuclear ofrecen menos beneficios, por lo tanto, representan una pérdida de inversión, y las opciones de biocombustibles proporcionan beneficios inciertos y los mayores impactos negativos.”

Artículo en línea, disponible completo en:
<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/ReviewSolGW09.pdf>

