



AGENDA DE INNOVACIÓN DE OAXACA

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.4. AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN: ENERGÍA RENOVABLE

Diciembre 2014

Índice

1. Caracterización del área de especialización: Energía Renovable	6
1.1. Breve descripción del área de especialización	6
1.2. Distribución del área de especialización en México y posicionamiento del Estado	6
1.3. Evolución del área en México	7
1.3.1. Energía eólica	8
1.3.2. Energía solar fotovoltaica	8
1.3.3. Biomasa.....	9
1.3.4. Energía hidroeléctrica	11
1.4. Posicionamiento de Oaxaca en el área	13
1.5. Principales tendencias de la innovación en el área de especialización	14
1.5.1. Energía eólica terrestre.....	15
1.5.2. Energía eólica <i>off-shore</i>	15
1.5.3. Energía solar Fotovoltaica (FV)	16
1.5.4. Solar térmica (CSP)	16
1.5.5. Biomasa.....	18
1.5.6. Energía hidroeléctrica	18
1.5.7. Energía geotérmica	18
1.5.8. Energías marinas.....	19
1.5.9. Cogeneración	19
2. Breve descripción del Ecosistema de Innovación.....	20
2.1. Mapa de los agentes del Ecosistema de Innovación.....	20
2.2. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación	21
2.3 Detalle de empresas RENIECYT del área	22
3. Análisis FODA del sector	23
4. Marco estratégico y objetivos sectoriales	25
5. Nichos de especialización y líneas de actuación	26
5.1. Nichos de especialización presentes.....	26

5.1.1. Energía Eólica	26
5.2. Nichos de especialización Futura	26
5.2.1. Solar	27
5.2.2. Hidráulica	27
5.2.3. Energía Renovable para comunidades	27
5.3. Líneas de actuación	27
5.3.1. Desarrollo de proveedores para las grandes instalaciones	27
5.3.2. Incentivar el desarrollo de la industria local.....	28
5.3.3. Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector	29
6. Descripción de proyectos prioritarios	30
6.1. Programa de Compra Pública Inovadora	30
6.2. Desarrollo de proveedores de equipos para aerogeneradores	30
6.3. Mapa de oportunidades de explotación de Energías Renovables.....	31
6.4. Plataforma virtual sobre los impactos reales de las Energías Renovables	32
6.5. Centro de Investigación y transferencia tecnológica de Energías Renovables.....	32
6.6. Portafolio de proyectos	33
7. Apéndice: Estudios de tendencias sectoriales	37
7.1 Tendencias mundiales en Energías Renovables.....	37
7.1.1. Energía eólica terrestre.....	38
7.1.2. Energía eólica off-shore	39
7.1.3. Solar fotovoltaica (FV).....	39
7.1.4. Solar térmica (CSP).....	40
7.1.5. Biomasa.....	41
7.1.6. Energía hidroeléctrica	42
7.1.7. Energía geotérmica	43
7.1.8. Energías marinas.....	43

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Área de especialización Energías Renovables	6
Ilustración 2 Nuevas instalaciones en México de Solar fotovoltaica (mw2008-2026)	9
<i>Ilustración 3 Centrales de biomasa para la generación de electricidad</i>	11
<i>Ilustración 4 Mini-centrales hidroeléctricas para servicio público menor o igual a 30 MW (enero 2012)</i>	12
Ilustración 5 Proceso de Cogeneración Simplificado	19
<i>Ilustración 6 Mapa del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Energías Renovables en Oaxaca</i>	21
Ilustración 7 Objetivos estratégicos de la Agenda de Oaxaca y objetivos sectoriales del área de especialización	25
Ilustración 8 Matriz de Proyectos	34
Ilustración 9 Escenarios sobre la Capacidad Energética Global de las Energías Renovables en 2030	38

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables por Entidad Federativa (2012, Capacidad instalada MW)</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2 Centrales hidráulicas para la generación de electricidad.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 3 Centrales eólicas de Oaxaca</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4 Centros de Investigación</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5 DAFO de la Industria de Energías Renovables en Oaxaca</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6 Nichos de especialización para el área de Energías Renovables en Oaxaca</i>	<i>26</i>

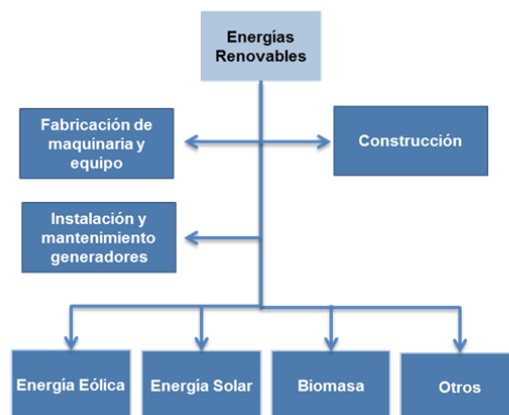
1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN: ENERGÍA RENOVABLE

1.1. Breve descripción del área de especialización

Las Energías Renovables se perfilan como una de las áreas de mayor crecimiento y relevancia debido a que contribuyen a aumentar la seguridad energética del país, al diversificar su matriz energética ante la expectativa del encarecimiento y la volatilidad de las fuentes convencionales de energía.

Oaxaca es líder en la generación de electricidad a partir de Energías Renovables, particularmente eólicas. La Agenda de Innovación contempla el potencial de desarrollo de otras fuentes renovables, así como la posibilidad de desarrollo de proveedores y de oferta tecnológica para las grandes instalaciones eólicas.

Ilustración 1 Área de especialización Energías Renovables



Fuente: Idom Consulting basado en datos obtenidos de los talleres y entrevistas de trabajo

1.2. Distribución del área de especialización en México y posicionamiento del Estado

Las Energías Renovables se perfilan como una de las áreas de mayor crecimiento y relevancia dado el peso creciente que tienen en el mix de la generación global de energía.

Se estima que las Energías Renovables y la energía nuclear supondrán más de la mitad de la nueva capacidad instalada en el mundo hasta 2035.

En este contexto, existen dos casos de especial relevancia que son la energía eólica y la energía solar fotovoltaica. El siguiente apartado detalla las principales características del sector de Energías Renovables en México incluyendo información, principalmente, de energía eólica, energía solar fotovoltaica así como de energía hidráulica y biomasa.

1.3. Evolución del área en México

Según datos de 2012, México cuenta con una capacidad de generación de Energías Renovables de 6,052 mw, al considerar tanto las centrales en operación como en construcción. Los estados de Oaxaca, Baja California, Tamaulipas y Veracruz concentran cerca del 75% de la capacidad total. Para dicho cálculo no se han tenido en cuenta las hidroeléctricas mayores a 30 mw.

Tabla 1 Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables por Entidad Federativa (2012, Capacidad instalada MW)

Estado	Bio-energía	Eólica	Geo-térmica	Hidráulica < 30 MW	Solar	Total
1. Oaxaca	33	2,499	0	39	0	2,571
2. Baja California	0	258	645	24	5	932
3. Tamaulipas	13	437	0	0	0	450
4. Veracruz	270	40	0	124	0	434
5. Nuevo León	28	274	0	0	0	302
....						
Otras entidades	377	202	254	219	187	1,239
Total	745	3,749	898	467	192	6,052

Fuente: Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía, 2012

El mercado potencial para el desarrollo de las Energías Renovables en México es muy interesante, pero existen incertidumbres que debieran resolverse con el desarrollo de la actual Reforma Energética. Este mercado potencial se encuentra basado en el objetivo de conseguir un 35% de generación de estas fuentes para 2026. El negocio en energías como

la eólica o la fotovoltaica tienen un interesante potencial de atracción de inversiones y encadenamiento productivo (fabricación de componentes, instalación y mantenimiento).

No se cuenta con empresas mexicanas que fabriquen equipos clave que puedan ser tractoras de una cadena de valor, siendo las principales compañías del sector empresas trasnacionales de promoción, operación y mantenimiento de parques renovables (se cuenta con capacidades de fabricación de otros países).

1.3.1. Energía eólica

En México, la energía eólica ha comenzado a despegar a partir de 2011, con crecimientos muy fuertes en los últimos años y una cierta incertidumbre sobre el nivel de crecimiento a corto plazo. En la actualidad, y según los datos proporcionados por ProMéxico existe una capacidad instalada y/o aprobada que alcanza los 3,749 MW. Las perspectivas gubernamentales son de alcanzar los 13,300 MW en 2012¹.

El 67% de la capacidad instalada y autorizada se encuentra en el Estado de Oaxaca y Tamaulipas ocupa el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a capacidad instalada y/o aprobada en energía eólica. La concentración de proyectos de energía eólica en el Estado de Oaxaca se debe a la zona del Istmo de Tehuantepec que presenta condiciones inmejorables para la generación de energía eólica a nivel nacional y mundial por la intensidad y frecuencia del viento en dicha región.

Aunque no existan datos autorizados, se prevé un crecimiento anual del sector de las energías eólicas de 4.1% anual hasta 2026² (existiendo indicios recientes de una apuesta por otras fuentes, como los hidrocarburos, que podrían cuestionar la continuación del impulso a la eólica durante los años más próximos).

Estas cifras implican un mercado medio anual de cerca de 14,000 mdp, que en aquellos estados con mayor presencia podría impulsar la generación de una cadena de valor local.

1.3.2. Energía solar fotovoltaica

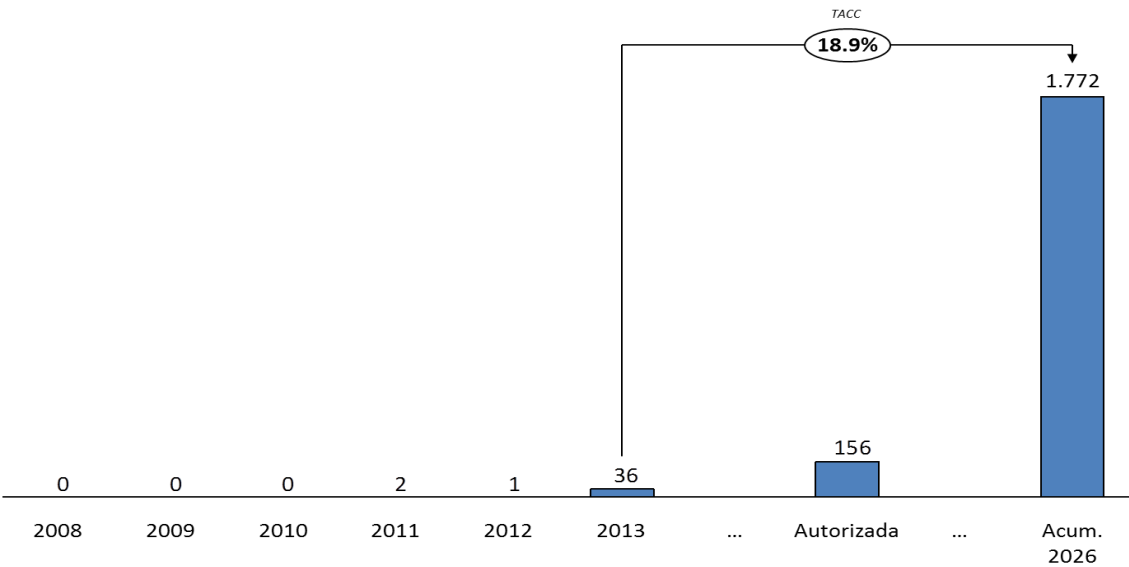
¹ Fuente: Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía, 2012

² Fuente: SENER (Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026), ProMéxico, Gamesa

El sector de la energía solar fotovoltaica en México alcanza una capacidad instalada y/o autorizada que alcanza los 192 MW.

Las perspectivas gubernamentales son de alcanzar los 1,966 MW en 2026. Aunque no existan datos anualizados, se estima un crecimiento anual del 17.4% anual hasta el final del período considerado. El crecimiento anual es significativo pero es una cifra relativamente pequeña en términos absolutos (de media un mercado de cerca de 5,000 mdp anuales, que en gran medida quedaría en manos de los fabricantes internacionales)³.

Ilustración 2 Nuevas instalaciones en México de Solar fotovoltaica (MW2008-2026)



1.3.3. Biomasa

El concepto de biomasa engloba una variedad de insumos, entre los cuales se distinguen: residuos agrícolas, ganaderos, urbanos, industriales, y forestales, así como cultivos bioenergéticos (plantaciones de crecimiento rápido que se emplean para la producción de energía térmica, eléctrica o para la producción de biocombustibles).

³ Fuente: SENER (Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026), ProMéxico, SEIA (TACC: Tasa Anual de Crecimiento Compuesto)

Actualmente la producción de energía primaria a partir de biomasa representa el 3.5% de la matriz energética total. Su ritmo de crecimiento disminuyó 0.8% en promedio anual de 2000 a 2009 como resultado principalmente de la caída en el empleo de leña⁴.

El 40% del potencial estimado a nivel nacional para la generación eléctrica por medio de biomasa proviene del ámbito forestal, 26% de agrocombustibles y 0,6% de residuos de origen municipal.

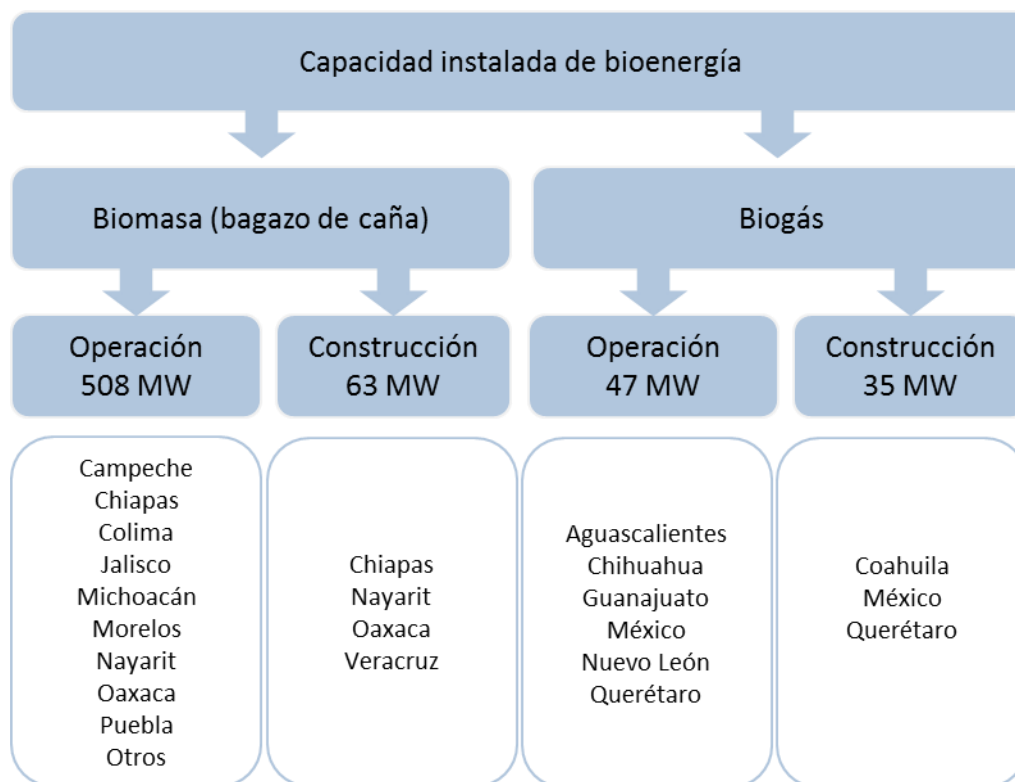
El potencial de aprovechamiento de residuos forestales ha sido impulsado por CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) que ha realizado estudios para identificar las zonas con mayor potencial para el uso con fines energéticos de los residuos de aprovechamiento y aserraderos. Dichas zonas son: El Ejido El Largo (Chihuahua), la Región El Salto (Durango), el Ejido El Balcón (Guerrero) y el Ejido Noh-Bec (Quintana Roo).

En 2012 se registraron más de 62 proyectos en operación para la cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica proveniente de biomasa. La bioenergía cuenta con una capacidad instalada en operación de 645 mw, de los cuales 598 mw se generan a partir del bagazo de caña y el resto es biogás⁵.

⁴ Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, SENER, 2011

⁵ Panorama General de las Energías Renovables, ProMéxico, Secretaría de Economía 2012

Ilustración 3 Centrales de biomasa para la generación de electricidad



Fuente: Idom Consulting basado en datos de ProMéxico, Panorama General de las Energías Renovables, 2012

1.3.4. Energía hidroeléctrica

La generación de la energía hidroeléctrica en México es administrada tanto por el sector público (Comisión Federal de Electricidad - CFE) así como por el sector privado. En 2012, la CFE registró una capacidad instalada en operación de 11,555 MW procedente de 72 centrales hidroeléctricas, incluyendo las hidráulicas menores o iguales a 30 MW. En cuanto a las centrales hidroeléctricas administradas por el sector privado se han contabilizado un total de 17 distribuidas en siete estados y con una capacidad instalada de 152 MW.

Tabla 2 Centrales hidráulicas para la generación de electricidad

Central	Estado Actual	Capacidad instalada (MW)	Ubicación	Tipo de servicio
---------	---------------	--------------------------	-----------	------------------

Varias	En operación	11,555	Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Tamaulipas, Oaxaca, Puebla, San Luis de Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz	Público
Varias	En operación	152	Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Puebla, Veracruz	Privado
Total		11,707		

Fuente: ProMéxico, Panorama General de las Energías Renovables, 2012

Las principales minicentrales hidroeléctricas se encuentran en el noroeste, centro y sur del país. México cuenta con 42 centrales hidroeléctricas para servicio público de menos de 30mw totalizando una capacidad efectiva de 286.66 mw.

Ilustración 4 Mini-centrales hidroeléctricas para servicio público menor o igual a 30 mw (enero 2012)

Centrales	Ubicación
2	Chihuahua
3	Chiapas
2	Guerrero
2	Hidalgo
2	Jalisco
8	México
7	Michoacán
1	Nayarit
1	Oaxaca
3	Puebla
1	Sinaloa
3	San Luis
2	Sonora
5	Veracruz



1.4. Posicionamiento de Oaxaca en el área

El Estado de Oaxaca posee una amplia variedad de recursos que lo respalda por la apuesta por las Energías Renovables.

En el sector de servicios de generación, transmisión y distribución de electricidad el Estado ha generado un 42.5% de Energías Renovables del país en 2012. Ocupando el primer lugar a nivel nacional en capacidad instalada y/o autorizada con 2,571 MW.

En materia de energía eólica, el Estado de Oaxaca cuenta con ocho centrales eólicas ubicadas en diversos municipios. En conjunto estas centrales eólicas en operación tienen una capacidad instalada de 2,571 MW distribuida en ocho centrales eólicas ubicadas en diversos municipios.

Tabla 3 Centrales eólicas de Oaxaca

Central Eólica	Propiedad	Inicio de operaciones	Capacidad (MW)	País de origen equipos
La Venta	CFE	Finales de 1994	1,575 MW	Dinamarca
Central Eólica Eurús	Acciona Energía	2010	250 MW	España
Oaxaca I	Energía y Recursos	2011	204 MW	España
La Venta III	Iberdrola Renovables	2011	103 MW	España
La Venta II	CFE	5 de enero de 2007	83.3 MW	España
Parques Ecológicos de México	Iberdrola	1° de julio de 2009	79.9 MW	España
Central Eólica La Ventosa	Electricidad de Francia	2010	67.5 MW	Estados Unidos
Central Eólica Bii Nee Stipa Energía Eólica	Iberdrola	2010	26.3 MW	España

Fuente: Idom Consulting basado en datos de la Asociación Mexicana de Energía Eólica

Las regiones Mixteca, Costa y Sierra sur presentan un alto nivel de radiación, similar al de algunas zonas del norte del país. La radiación media diaria en Oaxaca tiene un rango de 5.5 a 5.6 KWh/m².⁶

1.5. Principales tendencias de la innovación en el área de especialización

El espectacular crecimiento del mercado de las Energías Renovables de la última década, junto con las inversiones realizadas en investigación y desarrollo, han contribuido a impulsar un crecimiento significativo de las innovaciones tecnológicas del sector. Según la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el

⁶ Fuente: SENER

sector de Energías Renovables se sitúa como el 7º en intensidad tecnológica a nivel mundial. Algunos nichos dentro del sector (por ejemplo las celdas solares) se pueden categorizar claramente como ámbitos de alta tecnología.

Tratándose de un sector tan diverso, conviene sectorializar a la hora de hablar de tendencias de innovación tecnológica:

1.5.1. Energía eólica terrestre

Entre las posibles innovaciones tecnológicas que se sucederán durante el futuro próximo, destacan:

- el uso de nuevos materiales
- reducción de peso (especialmente de las palas y los “*nacelles*”)
- torres de hormigón en lugar de acero, generadores de imanes permanentes (que reduce el desgaste en los trenes motrices)
- accionamientos directos
- sustitutos de tierras raras (incluyendo generadores no magnéticos)
- perfiles de hoja deformables
- una vigilancia más exhaustiva
- y presentación de informes de rendimiento y optimización más sofisticados.

Adicionalmente, existe un amplio potencial en el diseño y fabricación de pequeñas turbinas de bajo coste que atiendan a demandas energéticas a nivel local. Por otra parte, el transporte y la logística jugarán un mayor rol en el desarrollo del sector.

Por último, es preciso mencionar la convergencia de la energía eólica con las Tecnologías de la Información. En este sentido, el desarrollo tecnológico se enfocará a la aerodinámica/dinámica de fluidos, evaluación de las condiciones del viento, y análisis del estado de las plantas eólicas.

1.5.2. Energía eólica *off-shore*

La tecnología de turbina eólica *off-shore* necesita un mayor desarrollo ya que en general, la fiabilidad de las turbinas en alta mar es inferior a la de las turbinas eólicas terrestres.

Las posibles innovaciones tecnológicas incluyen el desarrollo de sistemas flotantes *t*, plataformas logísticas *off-shore* que puede dar servicio a sistemas enteros de

aerogeneradores marinos, ciclos de vida más largos y de turbinas de mayor tamaño. Adicionalmente, se prevén innovaciones incrementales en las cadenas de suministro incluyendo los buques, las instalaciones portuarias, las operaciones y estrategias de mantenimiento y logística, la reducción del número de piezas móviles, nuevos conceptos de dos palas, turbinas sin engranajes, y un mayor enfoque en la fiabilidad y la logística para reducir los costes de operación y el tiempo de inactividad.

1.5.3. Energía solar Fotovoltaica (FV)

En el futuro, la reducción de costes de la FV podría venir desde varias direcciones: aumento de la eficiencia de células solares (entre el 20 y el 24% para el silicio cristalino y del 15% para capa fina en 2020, además de una amplia gama de productos fotovoltaicos con eficiencias entre el 5 y el 40% a partir de 2030); un mayor uso de capa fina (que representará cuotas de mercado de entre el 30-40% en 2020-2030, desde el 20% de 2010); desarrollo de polímeros fotovoltaicos y elementos fotovoltaicos orgánicos de bajo coste y menor eficiencia orientados a aplicaciones a nivel de usuario (a partir de 2020); utilización de materiales que abundan en la tierra para la fabricación de paneles (a partir de 2020); sustitución del uso de soportes de acero y por nuevos materiales de cimentación de menor coste, entre otros.

1.5.4. Solar térmica (CSP)

Las principales innovaciones tecnológicas se están dando en los cristales y reflectores. En esta línea cabe destacar la “tecnología de torre”, que supone una reducción del coste del heliostato en un factor de dos a tres. Otro punto fundamental es el incremento de la disponibilidad de la tecnología, mediante la mejora e integración del almacenamiento.

A su vez, la evolución tecnológica del sector se producirá en forma de nuevas aplicaciones, algunas de las cuales están ya emergiendo: gestionar la variabilidad de las celdas y proporcionar potencia máxima utilizando el almacenamiento de energía térmica incrustada dentro de la planta CSP; construcción de plantas CSP dedicadas a alimentar plantas de desalinización en las zonas costeras; incrustar plantas CSP en instalaciones industriales para poder proveer calor para procesos industriales; desarrollar procesos de pre-calentamiento de agua para centrales eléctricas basadas en la combustión del carbón para reducir el consumo del mismo; integración con plantas de gas natural de ciclo combinado (ya están en activo); la producción de gas o de combustibles líquidos incluyendo el hidrógeno.

1.5.5. Biomasa

Se contemplan cuatro puntos de vista sobre las innovaciones tecnológicas procedentes del tratamiento de la biomasa en el futuro:

- **Suministro de Combustible:** Gran parte de su uso vendrá en formas estándar como gránulos o aceites bio-calefactores (de pirólisis/ torrefacción) que serán transportados internacionalmente y se extenderán masivamente en el mercado.
- **Conversión Anaeróbica de Biogás:** Se desarrollarán nuevas aplicaciones para el transporte que requieran de un menor proceso de limpieza para su uso en motores.
- **Tecnologías de Calefacción:** Se estima un uso mucho mayor de este tipo de tecnologías, incluyendo las plantas de cogeneración, sistemas de calefacción urbana, sistemas de refrigeración para edificios comerciales y públicos, y calor para procesos industriales. Los sistemas de cogeneración se desarrollarán a diferentes escalas.
- **Integración con industrias agrícolas y forestales a través de bio-refinerías:** Se prevé una tendencia hacia sistemas de co-producción de usos múltiples, en el que co-produzcan azúcar, electricidad y biogás, se utilicen los residuos sobrantes de los fertilizantes, los productos químicos, biocombustibles, alimentos para animales, y otros productos químicos.

1.5.6. Energía hidroeléctrica

En el futuro, primará la expansión la energía hidroeléctrica de bombeo, particularmente como una forma de almacenamiento de energía. Se producirán, a su vez, innovaciones incrementales como tecnologías de accionamiento bombeado variable que redunden en mejoras de eficiencia, flexibilidad de las plantas.

Otros posibles desarrollos tecnológicos provienen del uso de agua salada en centrales hidroeléctricas de bombeo y almacenamiento en las regiones costeras, y centrales subterráneas de bombeo y almacenamiento. Adicionalmente, se están incorporando bombas de velocidad variable que aumentan la capacidad de bombeo hidráulico.

1.5.7. Energía geotérmica

Se prevén importantes innovaciones tecnológicas con la creación de grandes superficies de intercambio de calor subterráneo “*Enhanced Geothermal Systems (EGS)*” y con la mejora de

la conversión de energía de baja temperatura “*Organic Rankine Cycle*”. En estos casos se podría hacer posible la producción de electricidad geotérmica en prácticamente cualquier lugar. Las centrales térmicas y de cogeneración de energía avanzadas mejorarán el rendimiento de la electricidad geotérmica y un mayor desarrollo tecnológico en ámbito de la perforación ayudará también a incrementar su competitividad.

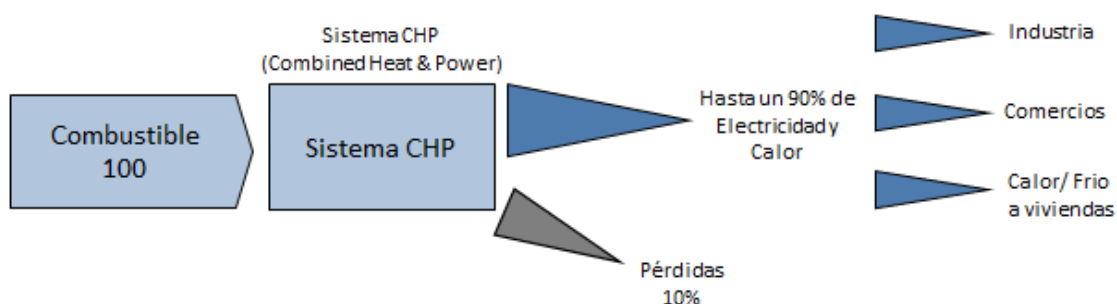
1.5.8. Energías marinas

Se estima que hay potencial para reducir los costes en las próximas décadas. Las áreas clave para el desarrollo tecnológico incluirán el diseño conceptual, la optimización de la configuración del equipo, la reducción de los costos de capital mediante materiales alternativos estructurales, precisión de la modelización numérica de generación de energía eléctrica, sistemas PTO, economías de escala y aprendizaje a partir de operaciones, entre otros.

1.5.9. Cogeneración

Por su efecto en la eficiencia en el uso de la energía, resulta de especial interés dedicar un espacio a la cogeneración, entendida como el procedimiento de producción simultánea de energía eléctrica y térmica. La cogeneración utiliza diferentes combustibles principales como energía primaria (combustibles fósiles y biomasa).

Ilustración 5 Proceso de Cogeneración Simplificado



Fuente: Idom Consulting basado en datos del Ministerio de Energía y Desarrollo Sostenible, Gobierno de España

2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN

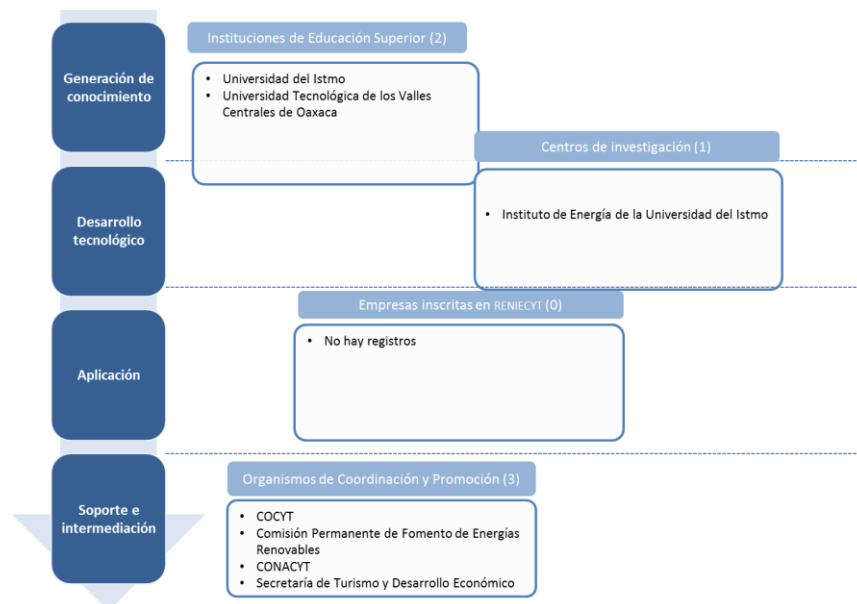
Este apartado muestra los principales actores del ecosistema de innovación del área de especialización Energías Renovables en Oaxaca.

En un primer lugar, se presenta el mapa de agentes en el conjunto de la cadena del conocimiento, considerando también los agentes de soporte e intermediación, para posteriormente mostrar de una manera más detallada la presencia de las Instituciones de Educación Superior, los Centros de Investigación y las empresas innovadoras.

2.1. Mapa de los agentes del Ecosistema de Innovación

El mapa de los agentes de innovación en este ámbito incluye a las principales IES, centros de investigación, y varios agentes tecnológicos.

Ilustración 6 Mapa del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Energías Renovables en Oaxaca



Fuente: Idom Consulting basado en datos de Conacyt y páginas web de las Instituciones

2.2. Principales Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación

El Instituto de Energía de la Universidad el Istmo, junto con la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca, llevan a cabo actividades de I+D+i en el sector Energía. Cuentan con cinco investigadores registrados en el Sistema Nacional.

Tabla 4 Centros de Investigación

Institución	Líneas de investigación
 Instituto de Energía de la Universidad del Istmo	Modelación matemática de fenómenos físicos y químicos Modelos numéricos Sistemas dinámicos Ingeniería en Computación Sistemas digitales y arquitectura de computadoras Sistemas de cómputo inteligentes Energía eólica Recurso eólico Desarrollo de Tecnología Eólica Sistemas híbridos
 Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca	Investigación y desarrollo de proyectos en temas de energía solar, eólica y biomasa

2.3 Detalle de empresas RENIECYT del área

Oaxaca cuenta con una sola empresa en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) a fecha 22 de julio de 2014, llamada *Westlands de México y Asociados S.C.*, que es una micro empresa.

3. ANÁLISIS FODA DEL SECTOR

El sector de Energías Renovables presenta dualidades muy marcadas entre un reducido grupo de grandes promotores internacionales (concentrados, hasta el momento, en el ámbito eólico) y la incipiente industria local, tanto de generación como de proveeduría.

Los principales elementos del análisis de situación del sector se resumen en la tabla a continuación

Tabla 5 DAFO de la Industria de Energías Renovables en Oaxaca

FORTALEZAS	DEBILIDADES
- Presencia estable de varios de los grandes grupos trasnacionales líderes en el sector (e.g. Acciona, Gamesa, Iberdrola, Energies Nouvelles). - Experiencia institucional y desarrollo de entidades específicas (Dirección de Energías Renovables; Consejo Consultivo y Fideicomiso en vías de constitución) orientadas a atender las necesidades y oportunidades que surgen en el sector. - Recursos académicos y tecnológicos específicos como el Instituto de Estudios de la Energía de la Universidad del Istmo. - Instalaciones logísticas en expansión en el puerto de Salina Cruz, incluyendo el nuevo Parque Industrial y Recinto Fiscalizado.	- Las vías de comunicación y negociación existentes con las comunidades no son del todo efectivas. - Falta de líneas de conducción y subestación para proveer energía.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
- Posibilidad de desarrollo de proveedores mexicanos para la Industria Eólica. - Desarrollo y ampliación de infraestructura de centrales eólicas, especificadas en PNI, tales como Centrales Eólicas Sureste II, III IV y V. - Gran potencial de generación eólica pendiente de explotación (entre 10,000 y 40,000 MW, se cuenta con una capacidad instalada de 2,571 MW a 2014).	- Rechazo social por la instalación de la infraestructura, principalmente de parques eólicos, en las comunidades del estado. - Las empresas transnacionales instaladas en México sólo se dedican a la promoción, operación y mantenimiento de parques eólicos (contando con capacidades de fabricación en otros países). - Competencia con la apuesta de México por los hidrocarburos.

Elevada tasa de radiación solar, todavía no explotada: Oaxaca presenta una radiación media diaria entre 5.5 -5.6 kWh/m²⁷.	
---	--

Fuente: Idom Consulting basado en información obtenida de los Talleres de trabajo y entrevistas

⁷ Fuente SENER, Servicio Meteorológico Nacional

4. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS SECTORIALES

Las reflexiones desarrolladas en los talleres y reuniones de trabajo mantenidos con las entidades representativas de la industria oaxaqueña de Energías Renovables han concluido en las siguientes líneas de avance:

- O.S.1. Desarrollar el potencial de generación de riqueza de los recursos renovables de Oaxaca.
- O.S.2. Incrementar la ubicación en Oaxaca de actividades de esta cadena de valor, particularmente proveedores.
- O.S.3. Desarrollar empleo capacitado y de calidad en esta industria.
- O.S.4. Reducir la incertidumbre sobre los impactos de esta industria en su entorno.
- O.S.5. Desarrollar una efectiva vinculación entre la industria y los recursos de ciencia y tecnología disponibles en este ámbito.
- O.S.6. Desarrollar la industria local.

El resultado del análisis de pertinencia de los objetivos sectoriales en relación con los objetivos estratégicos de la Agenda es positivo como se aprecia en la siguiente ilustración.

Ilustración 7 Objetivos estratégicos de la Agenda de Oaxaca y objetivos sectoriales del área de especialización

Objetivos estratégicos Objetivos sectoriales	Generación y atracción de talento	Desarrollo de infraestructuras científico tecnológicas	Fomento a la cultura de innovación	Innovación social
O.S.1. Desarrollar el potencial de generación de riqueza de los recursos renovables de Oaxaca	✓		✓	✓
O.S.2. Incrementar la ubicación en Oaxaca de actividades de esta cadena de valor, particularmente proveedores	✓	✓	✓	✓
O.S.3. Desarrollar empleo capacitado y de calidad en esta industria	✓			✓
O.S.4. Reducir la incertidumbre sobre los impactos de esta industria en su entorno			✓	✓
O.S.5. Desarrollar una efectiva vinculación entre la industria y los recursos de ciencia y tecnología disponibles en este ámbito	✓	✓	✓	
O.S.6. Desarrollar la industria local	✓		✓	✓

Fuente: Idom Consulting

5. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Para lograr estos objetivos sectoriales se han seleccionado ciertos nichos de especialización en las Mesas Sectoriales.

Tabla 6 Nichos de especialización para el área de Energías Renovables en Oaxaca

Nichos de especialización actuales	Nichos de especialización futuros
• Energía Eólica	• Solar • Hidráulica • Energía Renovable para Comunidades
Líneas de actuación	
• Desarrollo de proveedores para las grandes instalaciones • Incentivar el desarrollo de la industria local • Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector	

Fuente: Idom Consulting con base en valoración de las Mesas Sectoriales

5.1. Nichos de especialización presentes

5.1.1. Energía Eólica

La capacidad instalada que cuenta el estado de Oaxaca es del 67%⁸ del total del país ocupando el primer lugar nacional en la producción de energía eólica, esto debido a que la zona del Istmo de Tehuantepec presenta condiciones inmejorables para la generación de energía eólica a nivel nacional y mundial por la intensidad y frecuencia del viento en dicha región. Por lo que se puede aprovechar todo el potencial que tiene la zona para desarrollarse en este nicho, tal como la atracción de talento y la generación de empleos.

5.2. Nichos de especialización Futura

⁸ Información obtenida de

5.2.1. Solar

En México, Oaxaca está considerada entre las seis mejores ubicaciones para la captación de energía solar. Tanto el campo termosolar como el fotovoltaico son áreas de desarrollo potencial considerados por el sector como un siguiente paso importante, tras el éxito obtenido en la implantación de centrales eólicas.

5.2.2. Hidráulica

Por motivos similares a los citados anteriormente, es un nicho de especialización futuro a desarrollar. Oaxaca tiene un importante potencial para la instalación de minicentrales hidráulicas, de capacidad inferior a 30 Mw, por el que ya se han interesado potenciales promotores.

5.2.3. Energía Renovable para comunidades

Oaxaca tiene la oportunidad de convertir en oportunidad (para el desarrollo de la industria de Energías Renovables) su actual debilidad relacionada con las dificultades para procurar suministro de energía a las numerosas comunidades dispersas y aisladas existentes en el Estado, con difícil acceso a la red eléctrica. Ya se han desarrollado algunos proyectos piloto, por parte de la Secretaría de Turismo y Desarrollo Económico del Estado, en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional y la firma ACCIONA, que han implementado desde el 2013 el proyecto Luz en casa, orientado a llevar sistemas fotovoltaicos domiciliarios a poblaciones alejadas.

5.3. Líneas de actuación

5.3.1. Desarrollo de proveedores para las grandes instalaciones

Política de desarrollo de proveedores domésticos para las grandes instalaciones de generación.

En principio, las grandes instalaciones de generación se refieren al subsector eólico, como se mencionaba, aunque hay grupos inversores que han mostrado su interés por el desarrollo de centrales hidroeléctricas (30 a 45 mw) y solares, indicando incluso la posibilidad de asumir un compromiso estable con proveedores locales.

En el caso eólico, los representantes de la asociación⁹ que agrupa a los principales promotores de instalaciones de generación confirmaron su firme interés en potenciar el desarrollo de proveedores mexicanos, que pudieran atender sus necesidades de expansión en un entorno global (no solamente en el mercado doméstico). Es el caso, por ejemplo, de las torres que soportan los generadores eólicos, o del mantenimiento de estos equipos. Este encadenamiento productivo conllevaría necesidades relevantes de desarrollo tecnológico, ensayos, pruebas, auditorías técnicas, entre otros.

El Gobierno de Oaxaca, a través de la Dirección de Energías Renovables, tiene previsto el desarrollo de una serie de acciones de apoyo para este desarrollo de proveedores, basado en las capacidades de expansión y las mejoras de conectividad previstas en el Puerto de Salina Cruz. Se dispone de un espacio de 80 hectáreas para la instalación de nuevas empresas, donde está previsto el desarrollo de un Recinto Fiscalizado Estratégico, así como el desarrollo del Parque Tecnológico de las Energías Renovables. El Gobierno Estatal considera de sumo interés, la capacidad generadora de empleo que se derivaría de un desarrollo de estas características, y que revertiría positivamente en la aceptación social de las instalaciones de generación.

5.3.2. Incentivar el desarrollo de la industria local

Política de desarrollo de la incipiente industria local, que puede atender las necesidades de pequeñas instalaciones, principalmente en entornos diseminados.

Hay una serie de jóvenes compañías oaxaqueñas que están desarrollando sus capacidades y competencias en el ámbito de las pequeñas instalaciones, particularmente con tecnología fotovoltaica.

Por otro lado, la estructura de núcleos de población en el estado de Oaxaca es muy dispersa, y existe gran necesidad de resolver problemas de suministro de energía en núcleos donde no llega la red eléctrica convencional. De hecho, algunas de las compañías eólicas han

⁹ AMDEE, Asociación Mexicana de Energía Eólica

contribuido para financiar el desarrollo de proyectos sociales de este tipo¹⁰ en una parte de las 800 comunidades oaxaqueñas menores de 100 habitantes.

5.3.3. Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector

Tanto el Instituto de Estudios de la Energía, de la Universidad del Istmo (UNISTMO), como la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca (UTVCO) están siendo particularmente activos en la formación de graduados y postgrados en el ámbito de las Energías Renovables, si bien la actividad investigadora en colaboración con empresas del sector es todavía muy reducida en este ámbito.

¹⁰ Por ejemplo, el Programa “Luz en Casa”, financiado conjuntamente por el Gobierno de Oaxaca, la Agencia Española de Cooperación AECID, y ACCIONA Microenergía, ha instalado 180 sistemas fotovoltaicos domiciliarios en comunidades aisladas.

6. DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS

Los proyectos prioritarios en Energías Renovables fueron resultado del trabajo realizado durante las Mesas Sectoriales y elegidos por los participantes siguiendo una metodología de impacto y la probabilidad de éxito. Dicho proceso concluyó en la identificación de cinco proyectos prioritarios para esta área de especialización.

6.1. Programa de Compra Pública Innovadora

Objetivo:

Contribuir al desarrollo de la industria de Energías Renovables oaxaqueña mediante la promoción sistemática de compra pública innovadora orientada a este tipo de proveedores. Para ello, se creará una entidad que lidere un esfuerzo de innovación en la especificación de las compras públicas, a través de:

- La identificación de oportunidades en los aprovisionamientos de energía gestionados desde entidades públicas oaxaqueñas.
- El apoyo técnico en la gestión de las especificaciones y el proceso administrativo de compra.
- La creación de un fondo que compense los gastos adicionales.

Justificación:

La industria de Energías Renovables en la entidad se dedica principalmente a instalaciones fotovoltaicas de pequeño y mediano tamaño. Este tipo de instalaciones, y otras previsiblemente asequibles para este grupo de compañías, son muy demandadas por diversos tipos de instituciones públicas como son escuelas, hospitales o centros de atención sanitaria, edificios administrativos, entre otros, que además están dispersos y alejados de las grandes ciudades. Esto abre un interesante potencial de promoción de la innovación vía la gestión de las compras públicas.

6.2. Desarrollo de proveedores de equipos para aerogeneradores

Objetivo:

El objetivo del proyecto es desarrollar una estrategia para apoyar la integración de proveedores a la cadena productiva de las empresas tractoras de Energía Eólica a través del desarrollo de sus capacidades tecnológicas y de innovación. Con ello se busca el fortalecimiento de las empresas locales de forma que puedan atender las necesidades del sector. De igual manera se promoverá el que las grandes empresas trasnacionales desplieguen sus programas de desarrollo de proveedores transfiriéndoles conocimiento y tecnología que mejore la competitividad de la cadena de suministro en su conjunto.

Justificación:

La no ejecución de este proyecto supondrá que las compañías trasnacionales traerán seguirán apoyándose en proveedores habituales de otros estados o países, perdiéndose con ello una oportunidad de desarrollo de la industria local. Este proyecto está ampliamente difundido entre las instituciones oaxaqueñas, que prevén el desarrollo de una amplia serie de iniciativas para contribuir a su dinamización (parque industrial y recinto fiscalizado estratégico en Salina Cruz, capacitación de Centros Tecnológicos, oferta formativa de grado y postgrado). El correcto desarrollo del proyecto permitirá generar un encadenamiento con fuerte incidencia en PYMES y comunidades receptoras de los parques eólicos.

6.3. Mapa de oportunidades de explotación de Energías Renovables

Objetivo:

El proyecto trata de integrar en una plataforma única y georeferenciada información pertinente y de alta calidad que permita acelerar significativamente el proceso de identificación y evaluación de oportunidades de inversión, facilitar la toma de decisiones para los gestores públicos y posibles inversionistas, y que agilice la tramitación de proyectos de generación de Energías Renovables, creando así un elemento diferenciador a favor del estado para la atracción de este tipo de inversiones.

Justificación:

Los mapas actualmente publicados a estos efectos parten de mediciones que normalmente no tienen el grado de precisión adecuado: sobreestimaciones sistemáticas de la intensidad del viento, aforos y medición de caudales pensados más para las grandes presas que para las minicentrales hidroeléctricas, manantiales de agua caliente que no identifican en detalle

la fuente de calor original, entre otros. La percepción de la industria es que un trabajo previo de investigación, identificando de forma sistemática y precisa estas oportunidades, generaría una importante ventaja para la entidad que dispusiera de estos datos en la competencia por la captación de inversiones en esta industria.

6.4. Plataforma virtual sobre los impactos reales de las Energías Renovables

Objetivo:

El objetivo del proyecto es ofrecer información a los ciudadanos y a las comunidades acerca de las instalaciones generadoras de Energías Renovables, su impacto, las medidas de compensación y contribución al desarrollo de la entidad, entre otros. El uso de las tecnologías de la información como medio de difusión y formación, complementado con elementos lúdicos, permitiría un mayor acceso a las comunidades rurales que son las que sufren mayormente los impactos de los proyectos del sector Energético. Se trata de esta manera de que dichas comunidades pudieran entender y aceptar las implicaciones que conlleva el desarrollo de parques eólicos principalmente, creándose así una sana convivencia entre comunidades y empresarios.

Justificación:

El sector de Energías Renovables se enfrenta, entre otros problemas, a una fuerte oposición por la implantación de instalaciones de generación de energía, esto usualmente por la falta de conocimiento real sobre los impactos, compensaciones y efectos secundarios que las instalaciones de este tipo generan en realidad. El proyecto permitirá reducir estas barreras, facilitando la información necesaria sobre los proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables. Esta información podría también difundirse mediante instalaciones móviles (e.g.: autobuses o camiones adaptados).

6.5. Centro de Investigación y transferencia tecnológica de Energías Renovables

Objetivo:

El proyecto tiene como objetivo la creación de un Centro de Formación de Posgrados e Investigación en coordinación con el IPN-CINVESTAV que contribuya al desarrollo de capital humano especializado y a la atracción de talento en la región.

Mediante este proyecto se buscará el desarrollo de infraestructura de investigación (e.g. laboratorios de equipo de medición, laboratorios de pruebas y experimentación) para sistemas de generación solar, eólica y, eventualmente, mareomotriz. De igual manera la implementación de programas de desarrollo y capacitación en el área de Energías Renovables, para generar una oferta competitiva de capital humano.

Justificación:

El estado se presenta como una de las opciones más racionales para el desarrollo de infraestructura científico tecnológica en el ámbito de Energías Renovables, debido al singular medio físico que propicia su desarrollo principalmente en ámbitos como el Eólico, el Solar y el Mareomotriz. Aunado a esto existe una necesidad de complementar la incipiente oferta de recursos tecnológicos disponibles.

6.6. Portafolio de proyectos

Durante el desarrollo de esta Agenda se ha trabajado sobre nueve proyectos propuestos directamente por actores de la triple hélice, siendo cinco de ellos clasificados como prioritarios (P) por su coherencia estratégica con la Agenda, su posibilidad de concretarse, su impacto esperado, su viabilidad y su potencial de vinculación de agentes. Los otros cuatro proyectos identificados como complementarios (C) cuentan con las herramientas y la validez necesaria para lograr su desarrollo en un futuro corto y mediano plazo si las condiciones del Estado lo permiten.

Es importante mencionar que los nueve proyectos, dependerán de los recursos y momentos puntuales que viva el estado así como de los diferentes actores relevantes en su desarrollo.

En la siguiente tabla se incluye una propuesta preliminar y no exhaustiva de algunos fondos de financiamiento a los que los proyectos pueden optar de manera complementaria a la que se realice desde el sector privado, la cual se considera una característica fundamental para el desarrollo de aquellos en los que es necesario una involucración del tejido empresarial

Ilustración 8 Matriz de Proyectos

ÁREA	NICHO ESTRATÉGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	DESCRIPCIÓN	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
ENERGÍAS RENOVABLES	Solar	Desarrollo de proveedores de equipos para aerogeneradores	Búsqueda sistemática de oportunidades de encadenamiento productivo en la cadena de valor de las empresas eólicas.	P	• FINNOVA • Secretaría de Energía (SENER)- Conacyt • SENER - Fondo para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía • NAFIN • ProMéxico • FOMIX- Conacyt • Gobierno de Oaxaca • INADEM - Programas de desarrollo sectorial
	Hidráulica				
	Energías Renovables para comunidades alejadas		Acompañamiento tecnológico a pequeñas y medianas empresas para satisfacer la cadena de proveeduría de alta demanda tecnológica del sector.		
	Desarrollo de proveedores para grandes instalaciones		Amplio desarrollo de infraestructuras industriales y logísticas en puerto de Salina Cruz		
	Solar	Compra pública innovadora	Contribuir al desarrollo de la industria de Energías Renovables mediante la promoción sistemática de compra pública innovadora, orientada a este tipo de proveedores. Para ello se creará una entidad que lidere un esfuerzo de innovación en la especificación de las compras públicas, a través de: • Identificación de oportunidades en los aprovisionamientos de energía gestionados desde entidades públicas oaxaqueñas. • Apoyo técnico en la gestión de las especificaciones y el proceso administrativo de compra. • Creación de un fondo que compense los gastos adicionales.	P	• FINNOVA • SENER - Conacyt • INADEM programas de sectores estratégicos y desarrollo regional • NAFIN • FOMIX- Conacyt • Gobierno de Oaxaca
	Hidráulica				
	Incentivar el desarrollo de la industria local.				
	Energías Renovables para comunidades alejadas				
	Solar	Mapa de oportunidades de explotación de Energías Renovables	Desarrollo de una plataforma tecnológica georreferenciada con distintas capas, según el tipo de información que incluye: tipo de energía renovable con su potencial probado; cualificación de las localizaciones en términos de accesibilidad, normativa local, restricciones medioambientales o conflictividad; ubicación y cuantificación de la demanda actual y potencial de energía; infraestructuras próximas y complementarias.	P	• FINNOVA • FORDECYT • SENER - Conacyt • INADEM - programas de sectores estratégicos y desarrollo regional • SENER • FOMIX- Conacyt • Gobierno de Oaxaca • FOINS- Conacyt • PROSOFT
	Hidráulica				
	Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector				

ÁREA	NICHO ESTRATÉGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	DESCRIPCIÓN	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
			Generación de información de alta calidad que permita acortar el ciclo de identificación y desarrollo de oportunidades de inversión.		
	Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector	Plataforma virtual sobre los impactos reales de las Energías Renovables	Desarrollo de <i>Showroom</i> presencial y virtual para atender todo el espacio físico del estado. También se podrá contar con instalaciones móviles especialmente adecuadas a las necesidades. Su principal función será informar a los ciudadanos y comunidades en cuanto a la realidad de las instalaciones generadoras de energía renovable: impactos, medidas de compensación, contribución al desarrollo de las comunidades, etc.	P	• FINNOVA • SENER - Conacyt • NAFIN • INADEM- programas de desarrollo regional y empresariales • SENER • FOINS – Conacyt • FOMIX- Conacyt - Gobierno de Oaxaca
	Solar Hidráulica Incentivar el desarrollo de la industria local	Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica de Energías Renovables (CINVESTAV)	Centro de posgrados e investigación para desarrollo de capital humano especializado en la región. Desarrollo de infraestructura de investigación en física (laboratorios de equipo de medición, pruebas y experimentación para sistemas de generación solar, eólica y posiblemente mareomotriz), salones y oficinas administrativas.	P	• FINNOVA • SENER - Conacyt • NAFIN • INADEM - Programas de desarrollo empresarial • FINNOVA • SENER - FOINS • FOINS, Gobierno del Estado de Oaxaca
	Solar Hidráulica Incentivar el desarrollo de la industria local	Instituto Oaxaqueño de Energías Renovables + Fideicomiso + Consejo Consultivo	Se prevé crear, una vez establecidas las leyes secundarias de la reforma energética, un Instituto orientado a la promoción del sector de Energías Renovables.	C	• FINNOVA • SENER- Conacyt • NAFIN • SENER • FOINS - Conacyt • INADEM - Programas de desarrollo regional

ÁREA	NICHO ESTRATÉGICO O LÍNEA DE ACTUACIÓN	PROYECTOS	DESCRIPCIÓN	TP	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (POSIBLES ALIADOS)
	Solar	Parque Tecnológico de Energías Renovables en el Parque Industrial de Salina Cruz	Desarrollo de un parque industrial de 80 Ha., que incluirá un Recinto Fiscalizado Estratégico y se beneficiará de las mejoras logísticas previstas en el puerto.	C	• FINNOVA • SENER Conacyt • NAFIN • INADEM - Programas de desarrollo regional • FOINS – Conacyt • FOMIX: Conacyt - Gobierno de Oaxaca
	Hidráulica				
	Incentivar el desarrollo de la industria local				
	Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector	Desarrollo de programas de capacitación a nivel superior y maestría	Refuerzo de los programas de licenciatura y postgrado	C	• FINNOVA • SENER- Conacyt • NAFIN • INADEM - Programa de desarrollo empresarial
	Disponibilidad de servicios tecnológicos y formativos para el sector	Desarrollo de infraestructuras científico-tecnológicas	Laboratorio de pruebas de sistemas fotovoltaicos y capacitación para su correcta instalación.	C	• FINNOVA • SENER- Conacyt • INADEM - Programas de desarrollo regional • FOMIX Conacyt Gobierno de Oaxaca

7. APÉNDICE: ESTUDIOS DE TENDENCIAS SECTORIALES

7.1 Tendencias mundiales en Energías Renovables

El espectacular crecimiento del mercado de las Energías Renovables de la última década, junto con las inversiones realizadas en investigación y desarrollo, han contribuido a impulsar un crecimiento significativo de las innovaciones tecnológicas del sector. Como resultado de este desarrollo tecnológico, se han producido notables mejoras de rendimiento, escala y costes.

Según la clasificación de la OECD, el sector de Energías Renovables se sitúa como el 7º en intensidad tecnológica a nivel mundial, formando parte del grupo de industrias de tecnología media-alta junto con otros sectores como “Vehículos de motor, tráiler y semi-tráiler”, “Químicos”, “Equipos de transporte” y “Equipo y maquinaria”. Algunos nichos dentro del sector (por ejemplo las celdas solares) se pueden categorizar claramente como ámbitos de alta tecnología.

En relación a su capacidad productiva, la generación energética total de las renovables alcanzaron los 1.360 GW en 2011 (incluyendo 970 GW de producción hidroeléctrica), representado un cuarto de la producción energética mundial¹¹. En términos de crecimiento, destacan la energía eólica y la solar térmica, que crecieron un 35% y un 74% respectivamente entre 2010 y 2011. Por otra parte, la solar fotovoltaica (FV) incrementó su volumen energético en un 20%. Adicionalmente, existen otras renovables en rápido crecimiento que han contribuido a alcanzar este volumen, como la biomasa y la energía geotérmica.

Actualmente, existen varias proyecciones sobre la capacidad de potencia energética global de las energías renovables. A continuación, se presentan los principales cinco escenarios que se contemplan a 2030. Según estas previsiones, la capacidad energética de la eólica aumentará entre cuatro y doces veces, la FV entre siete y 25, la solar térmica entre 20 y 350, la biomasa entre tres y cinco, la geotérmica entre cuatro y 15 veces, y la hidroeléctrica entre un 30% y un 80%.

¹¹ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies. 2013. Renewables Global Futures Report. Paris. 53 pp

Ilustración 9 Escenarios sobre la Capacidad Energética Global de las Energías Renovables en 2030

	HIDROELÉCTRICA	EÓLICA	SOLAR FV	SOLAR TÉRMICA	BIOMASA	GEOTÉRMICA	MARINA
	GW						
2006 (comparativo)	-	74	8	0,4	45	9,5	0,3
2011 (comparativo)	970	238	70	1,8	72	11	0,5
IEA WEO (2012) «New Policies»	1.580	920	490	40	210	40	10
IEA WEO (2012) «450»	1.740	1.340	720	110	260	50	10
IEA ETP (2012) «2DS»	1.640	1.400	700	140	340	50	20
BNEF GREMO (2011)	-	1.350	1200		260	30	-
IEA RETD (2010) «ACES»	1.300	2.700	1.000	120	340	-	-
Greenpeace (2012)	1.350	2.900	1.750	700	60	170	180

Fuentes: (REN21) Renewable Energy Policy Network for the 21st Century; (IEA WEO) International Energy Agency World Energy Outlook; (IEA ETP) International Energy Agency Energy Technology Perspective; (IEA RETD) International Energy Agency Renewable Energy Technology Deployment; (BNEF) Bloomberg News Energy Finance; Greenpeace

Tratándose de un sector tan diverso, conviene sectorializar a la hora de hablar de tendencias de innovación tecnológica:

7.1.1. Energía eólica terrestre

Se prevé que la energía eólica continúe siendo un fuerte mercado durante décadas. Entre las proyecciones más optimistas en la industria, destacan las que estiman una generación de alrededor de 1.000 GW en 2020¹². Actualmente, el coste para la energía eólica terrestre ronda los 5-16 US cents/kWh, aunque en ciertas plantas se reduce a 4-5 cents/ kWh. A día de hoy, la energía eólica terrestre es competitiva comparada con otras energías convencionales en ciertos territorios.

Entre las posibles innovaciones tecnológicas que se sucederán durante el futuro próximo, destacan el uso de nuevos materiales, reducción de peso (especialmente de las palas y los “nances”), torres de hormigón en lugar de acero, generadores de imanes permanentes (que reduce el desgaste en los trenes motrices), accionamientos directos, sustitutos de tierras raras (incluyendo generadores no magnéticos), perfiles de hoja deformables, una vigilancia más exhaustiva, y presentación de informes de rendimiento y optimización más sofisticados.

¹² Idem 14, p.54

Es posible que el sector de las turbinas avance en consonancia a como lo hizo el sector aeronáutico, que alcanzó cierta estabilidad en la década de 1970, incrementando en adelante su sofisticación y el rendimiento de sus elementos. Adicionalmente, existe un amplio potencial en el diseño y fabricación de pequeñas turbinas de bajo coste que atiendan a demandas energéticas a nivel local. Por otra parte, el transporte y la logística jugarán un mayor rol en el desarrollo del sector.

Por último, es preciso mencionar la convergencia de la industria con las Tecnologías de la Información. Muchas empresas líderes del sector son usuarios de supercomputadoras, manteniendo sistemas de monitoreo y mantenimiento sofisticados. En este sentido, el desarrollo tecnológico se enfocará a la aerodinámica/ dinámica de fluidos, evaluación de las condiciones del viento, y análisis del Estado de las plantas eólicas.

7.1.2. Energía eólica off-shore

La tecnología de turbina eólica off-shore necesita un mayor desarrollo ya que en la actualidad, la mayoría de los aerogeneradores offshore se basan en tecnología de turbinas terrestres, que son modificadas para replicar actividades de otras industrias de alta mar. En general, la fiabilidad de las turbinas en alta mar es inferior a la de las turbinas eólicas terrestres. El coste actual de la energía eólica off-shore es de entre 11-22 cents/kWh. Para el período 2021-2035, se estima una reducción de costes que se sitúe en 6-9 cents/kWh¹³.

Las posibles innovaciones tecnológicas incluyen el desarrollo de sistemas flotantes off-shore, plataformas logísticas off-shore que puede dar servicio a sistemas enteros de aerogeneradores marinos, ciclos de vida más largos y de turbinas de mayor tamaño. Adicionalmente, se prevén innovaciones incrementales en las cadenas de suministro incluyendo los buques, las instalaciones portuarias, las operaciones y estrategias de mantenimiento y logística, la reducción del número de piezas móviles, nuevos conceptos de dos palas, turbinas sin engranajes, y un mayor enfoque en la fiabilidad y la logística para reducir los costes de operación y el tiempo de inactividad.

7.1.3. Solar fotovoltaica (FV)

¹³ International Energy Agency. *World Energy Outlook 2010*. Paris, 2010, p. 738

Las proyecciones sobre el futuro de la energía FV son realmente optimistas. Expertos en el sector¹⁴ estiman una capacidad energética de 400-800 GW en 2020, mientras que algunas previsiones excesivamente optimistas prevén que alcanzará los 8.000 GW en 2050. Si bien Europa representó el 75% del mercado mundial en 2011, se prevé que este porcentaje disminuya a menos del 50% antes de 2020 como consecuencia del crecimiento de China, Japón y otros países asiáticos. Respecto a su coste, en Europa este ronda los 22-44 cents/kWh para instalaciones situadas en azoteas y 20-37 US cents/kWh para instalaciones de gran escala.

Históricamente, los factores que han contribuido a la reducción de costes de la energía FV han sido la fabricación de obleas ("*wafers*" más delgados y con materiales menos costosos), abaratamiento de la deposición de capas atómicas, automatización de procesos, economías de escala y células más eficientes.

En el futuro, la reducción de costes de la FV podría venir desde varias direcciones: aumento de la eficiencia de células solares (entre el 20 y el 24% para el silicio cristalino y del 15% para capa fina en 2020, además de una amplia gama de productos fotovoltaicos con eficiencias entre el 5 y el 40% a partir de 2030); un mayor uso de capa fina (que representará cuotas de mercado de entre el 30-40% en 2020-2030, desde el 20% de 2010); desarrollo de polímeros fotovoltaicos y elementos fotovoltaicos orgánicos de bajo coste y menor eficiencia orientados a aplicaciones a nivel de usuario (a partir de 2020); utilización de materiales que abundan en la tierra para la fabricación de paneles (a partir de 2020); sustitución del uso de soportes de acero y por nuevos materiales de cimentación de menor coste, etc.

7.1.4. Solar térmica (CSP)

En comparación con la energía FV, la principal ventaja de la solar térmica es que ofrece mayores tiempos de almacenamiento energético. Actualmente, el coste de la energía solar térmica está en 19-29 cents/kWh. No obstante, se prevé que este sector se vea fortalecido considerablemente para finales de esta década, situándose en 7-11 cents/kWh en 2030¹⁵. Los expertos consideran que el sector dependerá hasta 2025-2030 de las políticas

¹⁴ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies, obra citada, p. 56

¹⁵ International Energy Agency, obra citada, p. 688

energéticas que lo sustenten, y estas lo priorizarán en función de la volatilidad o subida repentina de los precios del gas.

Las principales innovaciones tecnológicas se están dando en los cristales y reflectores, que representan alrededor del 20-40% del total de costes de capital, dependiendo del diseño de la planta. En esta línea cabe destacar la “tecnología de torre”, que supone una reducción del coste del heliostato en un factor de dos a tres. Otro punto fundamental es el incremento de la disponibilidad de la tecnología, mediante la mejora e integración del almacenamiento.

Se estima un conjunto de innovaciones tecnológicas a lo largo de 2020-2030, que incluyen: adecuación de sistemas para trabajar a altas temperaturas (mayor eficiencia), mayor capacidad de almacenamiento, plantas supercríticas, desalinización mediante co-generación, plantas de “tecnología torre” con depósitos de aire y turbinas de gas.

A su vez, la evolución tecnológica del sector se producirá en forma de nuevas aplicaciones, algunas de las cuales están ya emergiendo: gestionar la variabilidad de las celdas y proporcionar potencia máxima utilizando el almacenamiento de energía térmica incrustada dentro de la planta CSP; construcción de plantas CSP dedicadas a alimentar plantas de desalinización en las zonas costeras; incrustar plantas CSP en instalaciones industriales para poder proveer calor para procesos industriales; desarrollar procesos de pre-calentamiento de agua para centrales eléctricas basadas en la combustión del carbón para reducir el consumo del mismo; integración con plantas de gas natural de ciclo combinado (ya están en activo); la producción de gas o de combustibles líquidos incluyendo el hidrógeno.

7.1.5. Biomasa

Se estima que el uso de la bioenergía en todas sus formas se duplique o triplique en el año 2050¹⁶ tanto para su utilización como energía, calor y transporte, además de su co-procesamiento con el carbón, o con el gas natural mediante captura y almacenamiento de carbono. Los expertos en la materia visualizan el desarrollo tecnológico futuro de la biomasa desde cuatro puntos de vista:

¹⁶ Riahi, K. et al. 2012. “Energy Pathways for Sustainable Development (Chapter 17).”In Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. and International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria, p. 1203–1306

- **Suministro de Combustible:** Gran parte de su uso vendrá en formas estándar como gránulos o aceites bio-calefactores (de pirolisis/ torrefacción) que serán transportados internacionalmente y se extenderán masivamente en el mercado.
- **Conversión Anaeróbica de Biogás:** Constituye el segundo proceso más utilizado, donde se produce biogás a partir de plantas de aguas residuales, estiércol y residuos orgánicos, así como mediante nuevos materiales. Se desarrollarán nuevas aplicaciones para el transporte que requieran de un menor proceso de limpieza para su uso en motores.
- **Tecnologías de Calefacción:** Se estima un uso mucho mayor de este tipo de tecnologías, incluyendo las plantas de cogeneración, sistemas de calefacción urbana, sistemas de refrigeración para edificios comerciales y públicos, y calor para procesos industriales. Los sistemas de cogeneración futuros podrían desarrollarse a "pequeña o mediana escala" de cinco a diez MW, en tamaños más pequeños de 1 MW, o tamaños más grandes de hasta 100 MW.
- **Integración con industrias agrícolas y forestales a través de bio-refinerías:** Todo apunta a que en el futuro se verán menos sitios de producción de bioenergía independientes. Se prevé una tendencia hacia sistemas de co-producción de usos múltiples, en el que co-produzcan azúcar, electricidad y biogás, se utilicen los residuos sobrantes de los fertilizantes, los productos químicos, biocombustibles, alimentos para animales, y otros productos químicos. Estas "biorrefinerías integradas" podría convertirse en parte del sistema de alimentos en 2020, orientadas a industrias de "base biológica" dirigidas a la alimentación, combustibles, productos químicos, textiles, papel y otros productos.

7.1.6. Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica ha sido una tecnología madura durante décadas y las proyecciones muestran costes estables para el futuro. La mayoría de escenarios muestran un crecimiento del mercado continuo para todas las formas de energía hidroeléctrica, especialmente en los países en desarrollo.

En el futuro, primará la expansión la energía hidroeléctrica de bombeo, particularmente como una forma de almacenamiento de energía, incluyendo el uso de turbinas de rápida reacción y las bombas de velocidad variable. A pesar de ser una tecnología madura, se producirán innovaciones incrementales como tecnologías de accionamiento bombeado variable que redunden en mejoras de eficiencia, flexibilidad de las plantas.

Otros posibles desarrollos tecnológicos provienen del uso de agua salada en centrales hidroeléctricas de bombeo y almacenamiento en las regiones costeras, y centrales subterráneas de bombeo y almacenamiento. Adicionalmente, se están incorporando bombas de velocidad variable que aumentan la capacidad de bombeo hidráulico para proporcionar mayor flexibilidad a la red en escalas de tiempo más cortos.

7.1.7. Energía geotérmica

La Energía Geotérmica se considera una tecnología madura y actualmente su coste ronda los 6-11 cents/kWh¹⁷. Algunos escenarios, muestran futuras disminuciones en los costes gracias a mejoras tecnológicas.

Hasta ahora, el uso de esta energía se limitaba a lugares con condiciones geológicas específicas. Sin embargo, gracias al intenso trabajo de investigación y desarrollo se han ampliado las zonas potenciales para explotarla. Por ejemplo, con la creación de grandes superficies de intercambio de calor subterráneo "*Enhanced Geothermal Systems (EGS)*" y con la mejora de la conversión de energía de baja temperatura "*Organic Rankine Cycle*". En estos casos se podría hacer posible la producción de electricidad geotérmica en prácticamente cualquier lugar. Las centrales térmicas y de cogeneración de energía avanzadas también mejorarán el rendimiento de la electricidad geotérmica. Como gran parte de los costes de una planta de energía geotérmica proviene del proceso de perforación a gran profundidad, un mayor desarrollo tecnológico en ámbito de la perforación ayudará a incrementar su competitividad.

7.1.8. Energías marinas

Las proyecciones de mercado en el ámbito de las energías marinas son difíciles de realizar debido a que la tecnología todavía no es comercial. A día de hoy, una serie de proyectos se encuentran en activo en todo el mundo, sobre todo en Escocia, Australia, País Vasco y Corea. El coste la energía del océano fue de 9-38 cent/kWh en 2009, dependiendo de la tecnología, y se proyectan posibles descensos en el futuro a 6-20 cents/kWh para la energía

¹⁷ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century and Institute for Sustainable Energy Policies, obra citada, p. 58

térmica oceánica, 9-30 cents/kWh para la energía de las mareas, y 8-30 cents/kWh para la energía de las olas.

Se estima que haya potencial para reducir los costes en las próximas décadas. Las áreas clave para el desarrollo tecnológico incluirán el diseño conceptual, la optimización de la configuración del equipo, la reducción de los costos de capital mediante materiales alternativos estructurales, precisión de la modelización numérica de generación de energía eléctrica, sistemas PTO, economías de escala y aprendizaje a partir de operaciones, etc.

A largo plazo, la energía oceánica tiene el potencial para convertirse en una de las formas más competitivas y efectivas desde el punto de vista de costes.

Por último, resulta de especial interés dedicar un párrafo a la cogeneración, entendida como el procedimiento de producción simultánea de energía eléctrica y térmica. Si bien no constituye una energía renovable *per se*, se trata de un proceso cuya principal ventaja es la eficiencia energética que supone ya que aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso.

La cogeneración utiliza diferentes combustibles principales como energía primaria. Por una parte, puede emplear combustibles fósiles: gas natural, derivados del petróleo o carbón, o una combinación de ambos. Por otra parte, es capaz de utilizar biomasa como combustible principal, entendido este como al menos el 90% de la energía primaria utilizada. Más concretamente, es posible la utilización de:

- Biogás procedente de vertederos controlados
- Bio-líquidos o el biogás generado en digestores procedente de cultivos energéticos o restos agrícolas
- Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola o forestal

En el caso específico de México, cabe destacar la posibilidad de desarrollar procesos de cogeneración a escala, que posibiliten una producción energética (eléctrica y térmica) más eficiente y rentable