


# Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México

2006

## Renewable Energies for Sustainable Development in Mexico





A vertical decorative element consisting of a thin blue line extending from the top and bottom of the page, with a solid blue rectangular bar in the middle.

Energías Renovables  
para el Desarrollo  
Sustentable en  
México



---

# Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México

---



MÉXICO, 2006

**gtz**

**Publicado por:**

Secretaría de Energía (SENER)  
Deutsche Gesellschaft für Technische  
Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

**Editado por:**

DR. JUAN CRISTÓBAL MATA SANDOVAL (SENER)  
DR. BERNHARD BÖSL (GTZ)  
ANDRÉ ECKERMANN (GTZ)

**Diseño Editorial:**

Unidad de Comunicación Social (SENER)  
María Eugenia Silva Romo  
Mario Armando Idueta Durán  
Lucero González Martínez

**Autores:**

FRANCISCO TORRES ROLDÁN (Centro Mario Molina)  
EMMANUEL GÓMEZ MORALES (Centro Mario Molina)


Agradecemos la participación de las siguientes personas (orden alfabético):

- *Dr. Claudio Alatorre Frenk (UNAM)*
- *Dr. Jorge Huacuz Villamar (IIE)*
- *Dr. Jorge Wolpert Kuri (SENER)*
- *Enrique Guzmán Lara (CRE)*
- *Gustavo Rosiles Castro (SEDESOL)*
- *Jorge Nuño Lara (SENER)*
- *Marco Antonio Borja Díaz (IIE)*
- *María Elena Sierra Galindo (SENER)*
- *Ubaldo Inclán Gallardo (SENER)*





---



Este documento ha sido preparado dentro del marco de la cooperación mexicano-alemana a solicitud del componente “Promoción de Energías Renovables”, el cual forma parte del Programa “Gestión Ambiental y Uso Sustentable de Recursos Naturales” de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperación Técnica Alemana), y fue elaborado por consultores externos. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión de la SENER y/o la GTZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre cuando se cite la fuente de referencia.

Esta publicación se imprimió en enero del 2006. El tiraje fue de 700 ejemplares.



11	Mensaje del Secretario
13	1 Introducción-Las Energías Renovables en el Desarrollo Sustentable en México
15	2 Actores
17	3 Energías Renovables en México-El Estado Actual y el Potencial
20	3.1 Energía Solar
20	3.2 Energía Eólica
22	3.3 Energía Hidráulica
22	3.4 Bioenergía
24	3.5 Energía Geotérmica
24	3.6 Barreras en el desarrollo de las energías renovables en México
27	4 Marco Legal y Regulatorio-Avances y Perspectivas
27	4.1 Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE)
28	4.2 Contrato de interconexión para autoabastecimiento y otros instrumentos
28	4.3 Otras Iniciativas
31	5 Instrumentos de fomento económicos y financieros-Situación Actual y Retos
31	5.1 Fondos de inversión
31	5.2 Fondos para incentivar la generación
32	5.3 Bonos de carbono
32	5.4 Incentivos fiscales
33	6 Instrumentos de Planeación
33	6.1 Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía
33	6.2 Prospectiva de Energías Renovables-Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México
35	7 Desarrollo Tecnológico
37	8 Energías Renovables para el Desarrollo Social
39	9 Conclusiones: Retos y Oportunidades para las Energías Renovables en México
83	Anexo 1: Bibliografía
85	Anexo 2: Listado de contactos



# Mensaje del Secretario

---



*Lic. Fernando Canales Clariond*  
Secretario de Energía

En el contexto energético actual, los beneficios económicos de las energías renovables han adquirido creciente relevancia, pues éstas contribuyen a reducir los riesgos asociados con la volatilidad de precios, diversificando el portafolio energético; además de reducir el impacto ambiental e impulsar el desarrollo sustentable en el país. Es especialmente relevante la contribución de estas fuentes al desarrollo social en áreas donde la energía convencional es económicamente inviable, tal es el caso de las zonas rurales que se encuentran apartadas de la red eléctrica.

A pesar de contar con reservas de combustibles fósiles, debemos impulsar el uso de fuentes alternas de energía, aprovechando el importante potencial que tenemos para la generación de energía a partir de fuentes como la solar, la eólica, la minihidráulica y la biomasa.

Esta administración, a través de la Secretaría de Energía (SENER), ha buscado el desarrollo y difusión de tecnologías energéticas alternativas. Hemos dedicado esfuerzos a la creación de políticas energéticas con el criterio de sustentabilidad; desarrollando instrumentos y mecanismos financieros, y fortaleciendo el marco regulatorio, con el fin de eliminar barreras y abrir ventanas de oportunidades para nuevos proyectos.

Las acciones estratégicas que se han aplicado permitirán fomentar el desarrollo regional, propiciando un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, reduciendo la contaminación ambiental y mejorando la calidad de vida.

En este sentido, la Comisión Federal de Electricidad, inició las actividades preparatorias para la construcción del proyecto eólico La Venta II, con capacidad instalada de 83,3 MW. De igual forma, el Presupuesto de Egresos de la Federación para el 2006, contempla ya el proyecto de La Venta III, de 101 MW, que contará con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

En materia de Electrificación Rural, se está instrumentando el Proyecto de Servicios Integrales de Energía para Pequeñas Comunidades Rurales, con la coordinación de la Secretaría de Energía y la participación conjunta de la Comisión para el Desarrollo de Pueblos Indígenas y el Banco Mundial. Con dicho programa se podrá llevar electricidad a 50 mil viviendas de zonas rurales, alejadas de la red eléctrica nacional, en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz.

Los apoyos recibidos por instituciones y por Gobiernos internacionales, como es el caso de la cooperación entre México y Alemania, a través de la GTZ (Cooperación Técnica Alemana), han propiciado la participación de los distintos actores bajo las siguientes vertientes: cooperación y asistencia técnica, financiamiento, desarrollo tecnológico y desarrollo de mercados.

Con respecto al tema fiscal, en la actualidad existe dentro de la Ley del Impuesto sobre la Renta una depreciación acelerada del 100% para inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables, lo cual resulta muy atractivo como instrumento de promoción.

Por otra parte, durante el mes de enero de 2005, entró en vigencia un Contrato de Interconexión para Fuentes Intermitentes con Potencia Acreditada, emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el cual permite calcular y acreditar el aporte de capacidad que estos proyectos proporcionan a la red eléctrica. Se estima que esto permitirá la instalación de más de 700 MW en permisos otorgados por la CRE.

Nos es particularmente grato mencionar que la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión aprobó recientemente la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía. Esta iniciativa prevé entre otros instrumentos, la creación de un fideicomiso que permitirá que las fuentes de energía renovable, alcancen en el 2012, un 8 por ciento en la participación de la generación de electricidad nacional, esto sin considerar la aportación de las grandes hidroeléctricas. Con esta Ley, México se unirá al grupo de países, que cuentan con políticas públicas para fomentar el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

La SENER asumirá un papel primordial en la aplicación de dicha Ley. En su papel de rector de la política y la planeación energética del país, continuará coordinando, integrando, y promoviendo políticas y programas energéticos en fomento de estas fuentes alternas de energía.

La implementación de medidas como las anteriormente mencionadas, permitirá avanzar en los compromisos que México ha adquirido en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kioto, así como en el marco de la Conferencia Internacional de Energías Renovables de Bonn 2004.

Finalmente, la participación de México como anfitrión de foros internacionales, tales como: el Foro Internacional sobre Políticas para Energías Renovables en Conexión con la Red, con apoyo del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y el Banco Mundial; y por otro lado, la Reunión del G8+5 sobre Energías Limpias, Cambio Climático y Desarrollo Sustentable; refrenda los compromisos que el sector energía ha hecho a favor de la diversificación energética y el desarrollo económico en armonía con el medio ambiente.

# Introducción

# Las Energías Renovables en el

# Desarrollo Sustentable en México

El desarrollo sustentable está definido como eje central de las políticas públicas de México en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), que de manera específica propone que para lograr un crecimiento con calidad, será necesario crear las condiciones para un desarrollo sustentable, actualizando la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales, incorporando esquemas eficaces para su protección.

El Programa Sectorial de Energía 2001-2006 (PSE) establece que para el 2006 se habrán incorporado por lo menos 1,000 MW adicionales a la capacidad instalada de generación de electricidad, a partir de fuentes renovables de energía (excluyendo las grandes hidroeléctricas programadas por el Gobierno Federal a través de la Comisión Federal de Electricidad). Para lo anterior propone establecer las acciones necesarias para que, tanto el sector público, como el privado, puedan participar en nuevos proyectos con energías renovables, que incluyan a las tecnologías solar, eólica, geotérmica, minihidráulica, de biomasa y biogás, entre otras. Asimismo, en este Programa se establecen los principios rectores de la Política Energética: Soberanía energética, *Seguridad de abasto*, *Compromiso social*, *Modernización del sector*, *Mayor participación privada*, *Orientación al desarrollo sustentable* y *Compromiso con las generaciones futuras*, por lo que, bajo este contexto, las fuentes de energía que se renuevan constantemente, juegan un papel primordial.

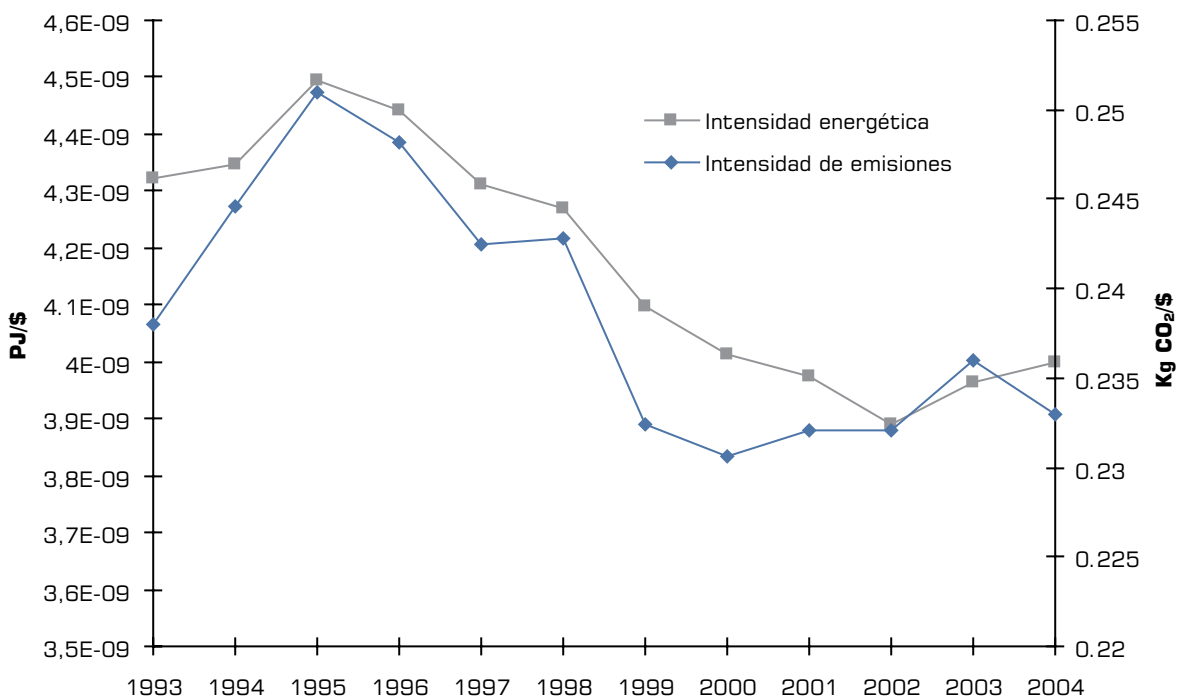
Para lograr la meta propuesta del PSE se requerirá, además de una mayor participación del sector privado y del apoyo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), hacer uso de los diferentes mecanismos de financiamiento, tales como los desarrollados por el Gobierno Federal conjuntamente con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), el Banco Mundial (BM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), tan necesarios para el desarrollo y aprovechamiento oportuno de estos recursos en el país.

Las Energías Renovables (ER) representan una respuesta importante a la demanda generalizada de un modelo sustentable de progreso que no afecte a las generaciones futuras. Así mismo, su eficaz aprovechamiento contribuirá a la conservación y uso eficiente de los recursos energéticos no renovables. Además, las economías de escala

alcanzadas como resultado del mayor aprovechamiento de las mismas, junto con el notable incremento en los precios de los combustibles fósiles observado durante la presente década, han mejorado su posición competitiva, abriéndoles mayores posibilidades.

Gracias a los esfuerzos realizados en materia energética para encaminar al país hacia un desarrollo sustentable, en los últimos 10 años México ha logrado disminuir tanto la intensidad energética (consumo de energía primaria en PJ / PIB en \$\*) como la intensidad de emisiones (emisiones de CO<sub>2</sub> en kg/PIB en \$\*) tal como se muestra en la Gráfica 1.

Gráfica 1  
Intensidad energética y de emisiones



Fuente: Centro Mario Molina (CMM) 2005, elaborado con datos del Balance Nacional de Energía 2004.  
\* Pesos de 1993.



Entre los principales actores involucrados con las ER, están la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LFC), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), y diversas asociaciones que promueven la explotación de las ER.

La SENER conduce la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, garantizando el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos para el desarrollo del país.

La CRE regula a las industrias del gas natural y electricidad, otorga los permisos para la generación de energía, aprueba los contratos marco para la provisión de energía, y las metodologías para el cálculo de las tarifas para los proveedores privados de energía.

La CONAE promueve el ahorro de energía y la eficiencia energética, y fomenta el uso de ER.

El IIE tiene como función apoyar la investigación tecnológica en el sector eléctrico, incluyendo la vinculada a las ER.

La CFE y LFC son las empresas estatales que proveen energía eléctrica en México; CFE genera poco más del 80% del total de la energía, y cuenta con el 96% de la red nacional de transmisión, atiende a 22.9 millones de usuarios, mientras que LFC a más de 5 millones.

La SEMARNAT establece las políticas nacionales sobre protección ambiental, además de coordinar las acciones relativas a los compromisos de México suscritos en la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, conjuntamente con los sectores de energía, transporte, industria y agricultura, entre otros.

La SEDESOL promueve proyectos de desarrollo social, incluyendo el uso de las ER, en particular el aprovechamiento de residuos sólidos en rellenos sanitarios.

El FIRCO es un fideicomiso de apoyo especializado en programas de desarrollo rural, entre los cuales se incluye el uso de ER en actividades productivas agronómicas.

Las asociaciones más relevantes de fomento a las ER son: la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), la Red Mexicana de Bioenergía y la Asociación Mexicana de Economía Energética (AMEE).

# Energías Renovables en México El Estado Actual y el Potencial

En México, no obstante el gran potencial de ER con que cuenta, de 1993 al 2003 los hidrocarburos<sup>1</sup> mantuvieron la mayor participación en la oferta interna bruta de energía primaria, mientras que la contribución de las ER fue marginal (Gráfica 2), empleándose principalmente para calefacción y para la generación de electricidad<sup>2</sup>. Sin embargo, para el periodo 2005-2014, se esperan incrementos importantes, impulsados por la SENER conjuntamente con CFE, en materia de hidroelectricidad (2,254 MW), eoloelectricidad (592 MW) y geotermia (125 MW) (Gráfica 3).

A finales del 2005 la CRE había autorizado 54 permisos para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (Cuadro 1), bajo las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración y exportación, de los cuales, 37 ya están en operación. Se espera que en 2007 entren en operación los restantes, con lo que se incorporarán a la red más de 1,400 MW de capacidad en energías renovables, y una generación de más de 5,000 GWh/año.

Cuadro 1  
Permisos de generación con ER otorgados a particulares

Energético	Permisos	Capacidad (MW)	Energía (GWh/a)
Viento	7	956.73	3,645.31
Agua <sup>1)</sup>	12	159.08	736.33
Bagazo de caña	4	70.85	205.30
Biogás	3	19.28	120.80
Híbridos <sup>2)</sup>	28	248.68	475.40
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>1,454.62</b>	<b>5,183.14</b>

<sup>1)</sup> Capacidad menor a 30 MW.

<sup>2)</sup> Fuentes renovables con fuentes fósiles.

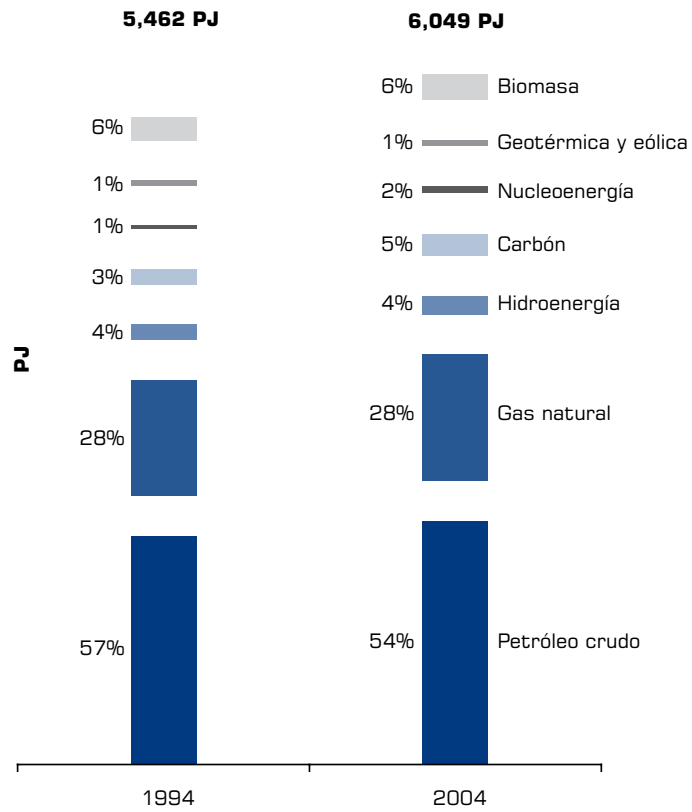
Fuente: Elaborado con datos de la CRE, [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx).

<sup>1</sup> Incluye petróleo crudo y condensados, gas natural asociado y gas natural no asociado.

<sup>2</sup> [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx), CFE 2005, México.

Grafica 2

**Oferta interna bruta 1994-2004**



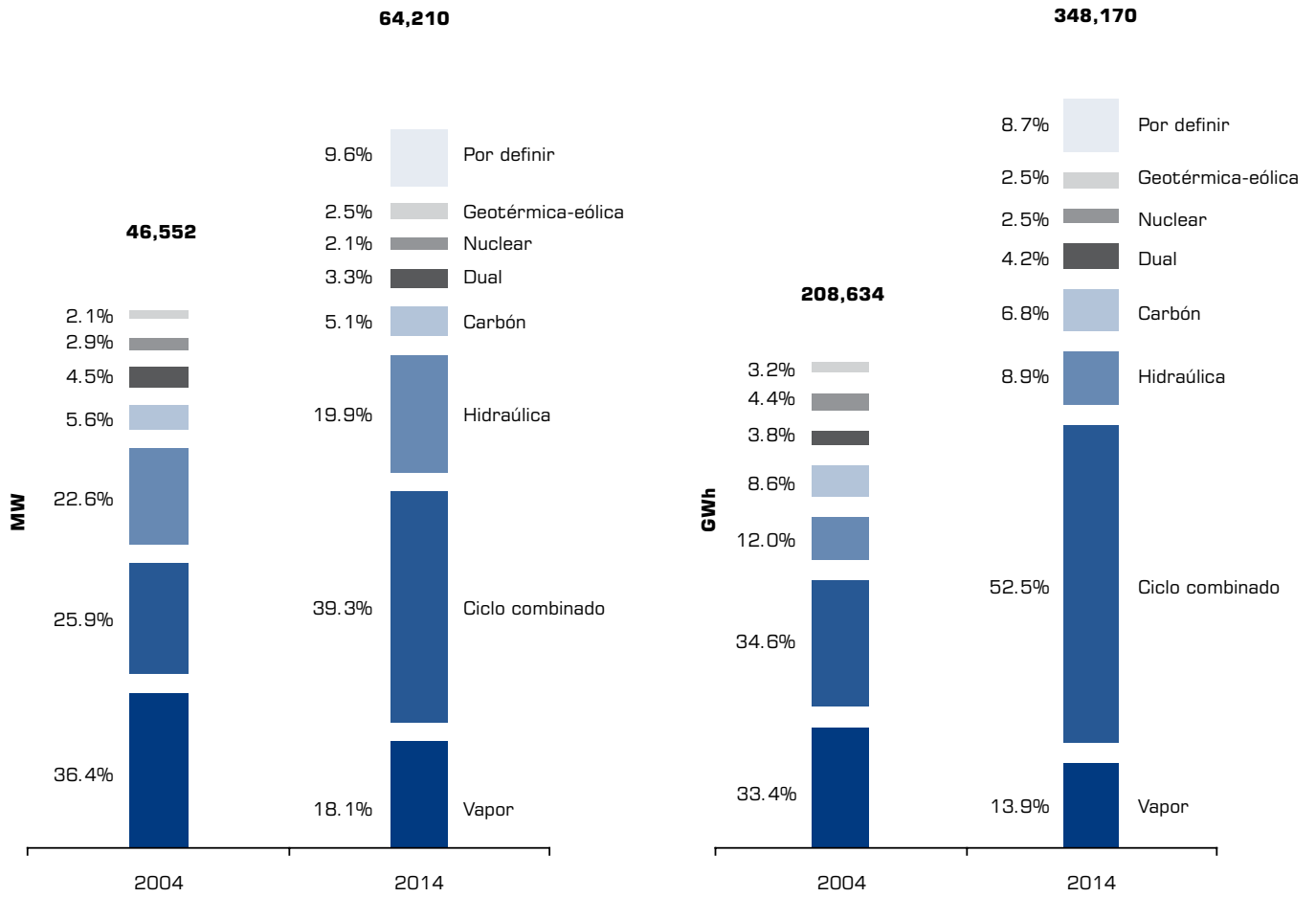
Biomasa: incluye leña y bagazo de caña.

Fuente: CMM 2005, elaborado con datos de BNE 2004, SENER 2005.

Gráfica 3

**Capacidad instalada por tecnología 2004-2014**

**Generación bruta por tecnología 2004-2014**



Fuente: CMM 2005 Elaborado con datos de las Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

### 3.1 Energía Solar



**Tecnología:** El aprovechamiento de la energía solar, se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

- *Fotovoltaicas*, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.
- *Termosolares*, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

**Estado actual:** De 1993 a 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración. Para sistemas termosolares, al 2003 se tenían instalados más de 570 mil metros cuadrados de calentadores solares planos, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m<sup>2</sup> y día, generando más de 270 Gigajoules para calentar agua<sup>3</sup>.

**Potencial:** Con una insolación media de 5 kWh/m<sup>2</sup>,<sup>4</sup> el potencial en México es de los más altos del mundo. Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para 2013, y generar 14 GWh/año. Además se espera contar para 2009 con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW (Agua Prieta II, Sonora)<sup>5</sup>.

**Costos:** Los sistemas fotovoltaicos son actualmente viables para sitios alejados de la red eléctrica y aplicables

en electrificación y telefonía rural, bombeo de agua y protección catódica, entre otros usos. Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 dólares por kW instalado y de 0.25 a 0.5 dólares por kWh generado<sup>6</sup>. Para los sistemas fototérmicos (“concentradores”) los costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 dólares por kW y de 10 a 25 centavos de dólar por kWh. El costo de inversión para los colectores solares planos es de 242 USD/m<sup>2</sup> instalado<sup>7</sup>.

#### Ejemplos de proyectos

La CFE cuenta con una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, conformada por 17 kW fotovoltaicos, 100 kW eólicos y motogenerador diesel de 80 kW. Se licitará durante el 2006 una planta híbrida de ciclo combinado con componente termosolar de 25 MW de capacidad en el noroeste de México, el cual se espera que entre en operación en el 2008.

### 3.2 Energía Eólica



**Tecnología:** En 1997 la turbina promedio era de 600 a 750 kW. Para el 2005 ya existen en el mercado a nivel comercial turbinas con capacidades entre 2 y 3 MW, así como prototipos de hasta 6 MW. El diámetro llegaba a 80 metros en 2000, hoy llega a los 120 metros.

<sup>3</sup> Balance Nacional de Energía, [www.anes.org](http://www.anes.org), ANES 2005, México.

<sup>4</sup> [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx), SENER 2005, México.

<sup>5</sup> Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005, México.

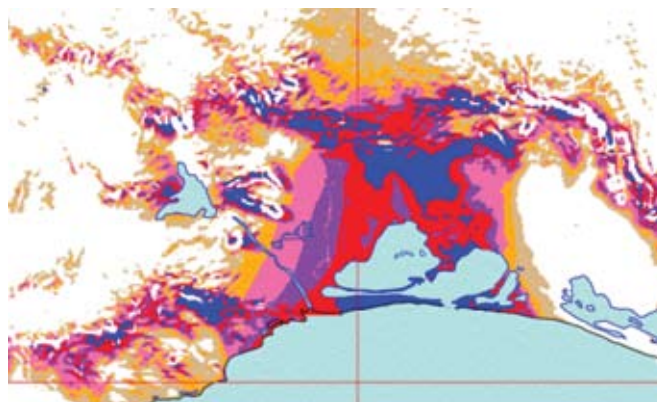
<sup>6</sup> [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx), SENER 2005, México.

<sup>7</sup> Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.

Gráfica 4  
Potencial de la Energía Eólica en Oaxaca

Wind Power Classification

Wind Power Class	Resource Potential	Wind Power Density at 50m (W/m <sup>2</sup> )	Wind Speed* at 50 m (m/s)
1	Poor	0-200	0-5.3
2	Marginal	200-300	5.3-6.1
3	Moderate	300-400	6.1-6.7
4	Good	400-500	6.7-7.3
5	Excellent	500-600	7.3-7.7
6		600-800	7.7-8.5
7		>800	>8.5



\*Wind speeds are based on a Weibull k value of 1.8

Fuente: Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2003.

**Estado actual:** En el 2004 se tenían instalados 3 MW; 2 MW en la zona sur-sureste y 1 MW en la zona noreste, con los que se generaron 6 GWh de electricidad.

**Potencial:** Los estudios del NREL<sup>8</sup> y diversas instituciones mexicanas (ANES, AMDEE, IEE) han cuantificado un potencial superior a los 40,000 MW, siendo las regiones con mayor potencial, el Istmo de Tehuantepec y las penínsulas de Yucatán y Baja California.

Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW.

En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW). Yucatán (352 MW) y la Riviera Maya (157 MW) tienen suficiente potencial para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y generadoras de turbogas.

**Costos:** De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/kW, con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por kWh (¢USD/kWh)<sup>9</sup> y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por kWh<sup>10</sup>.

### Proyectos en desarrollo

En el 2005 la CFE inició la construcción en la Venta, Oaxaca, de la primera planta eólica de gran escala en México (83 MW) que entrará en operación en Octubre de 2006. Adicionalmente, la SENER tiene programada la construcción de otros 505 MW de capacidad eólica (en la modalidad de productor independiente) en la misma región en los próximos años, con lo que se espera tener instalados 588 MW en 2014. Existen 7 permisos otorgados por la CRE para proyectos privados de autoabastecimiento con tecnología eólica que aportarán en los próximos años un total de poco más de 950 MW al Sistema Eléctrico Nacional.

<sup>8</sup> Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL) 2003, Estados Unidos de América.

<sup>9</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

<sup>10</sup> NREL Energy Analysis Office, [www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2020.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2020.ppt).

### 3.3 Energía Hidráulica

**Tecnología:** Las centrales mini hidráulicas (<5 MW) se clasifican, según la caída de agua que aprovechan, en baja carga (caída de 5 a 20m), media carga (caída de 20 a 100m) y alta carga (caída mayor a 100m). Además de la carga, se clasifican en función del embalse y del tipo de turbina que utilizan.

**Estado actual:** Actualmente están operando en los estados de Veracruz y Jalisco tres centrales minihidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, que generan un total de 67 GWh/año. Adicionalmente están en operación tres centrales híbridas (minihidráulicas-gas natural) en los estados de Veracruz y Durango<sup>11</sup>.

**Potencial:** La CONAE<sup>12</sup> estimó en 2005 el potencial hidroeléctrico nacional en 53,000 MW, de los cuales, para centrales con capacidades menores a los 10 MW, el potencial es de 3,250 MW. Se prevé que para finales del 2006 se tengan instalados 142 MW adicionales. La cartera del Sector Energía contempla la ampliación de seis grandes hidroeléctricas por una capacidad de 1,528 MW y una generación de 1,079 GWh/a<sup>13</sup>.

**Costos:** En México los costos de instalación en el 2004 eran en promedio de 1,600 USD por kW instalado, con un costo de generación de 11.50 ¢ USD por kWh generado<sup>14</sup>.

Cuadro 2  
Proyectos Eólicos de la Cartera del Sector Energía

Centrales Eólicas	Capacidad MW	Generación GWh/año
La Venta II	83	325
La Venta III	101	363
La Venta IV	101	363
La Venta V	101	350
La Venta VI	101	350
La Venta VII	101	350
<b>Total</b>	<b>588</b>	<b>2,101</b>

Fuente: Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

<sup>11</sup> [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx), CRE, México.

<sup>12</sup> [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx), CONAE, México.

<sup>13</sup> Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005, México.

<sup>14</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

### Proyectos en Operación y en Desarrollo

Comexhidro es una empresa dedicada al aprovechamiento energético de presas de riego agrícola ya existentes. Inauguró en el 2003 su primer proyecto, “Las Trojes”, en el estado de Colima, una minihidroeléctrica de 8 MW de capacidad. En el 2005 entró en operación la minihidroeléctrica “Chilatán”, ubicada en el estado de Michoacán, con una capacidad de 14 MW. El proyecto más importante de la empresa, “El Gallo”, en el estado de Guerrero, contará con una capacidad de 30 MW, y está en construcción desde el 2004. La empresa cuenta con el primer proyecto en ER en América Latina que obtiene los incentivos adicionales provenientes de los bonos de carbono. Además está aprovechando la nueva regulación sobre interconexiones para fuentes intermitentes.

### 3.4 Bioenergía



**Tecnología:** Utiliza materia orgánica como energético, por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos como el biogás o líquidos como bioetanol o biodiesel.

**Estado actual:** Actualmente, la bioenergía representa el 8% del consumo de energía primaria en México. Los principales bioenergéticos empleados son el bagazo de caña (usado para la generación eléctrica y/o térmica en la industria azucarero) y la leña (fundamentalmente usada para calefacción y cocción de alimentos). En 2004



se consumieron 92 Petajoules de bagazo de caña y 250 de leña<sup>15</sup>. México produce al año en la industria cañera, 45 millones de litros de bioetanol<sup>16</sup> que actualmente no se usan como combustible sino en la industria química. Al 2005 la Comisión Reguladora de Energía autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos (combustóleo-bagazo de caña).

**Potencial:** El potencial técnico de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 Petajoules al año, sin embargo, su uso actual es 10 veces menor<sup>17</sup>. Del potencial estimado, un 40% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades<sup>18</sup> para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año<sup>19</sup>. Además, se cuenta con un área agrícola significativa, potencialmente apta para la producción de bioetanol y biodiesel<sup>20</sup>.

**Costos:** Para la obtención de etanol a partir de almidones se estima a nivel internacional un costo de inversión de 0.8 USD/l; a partir de recursos ricos en azúcares (melaza), el costo de inversión es de 0.40 USD/l. La elaboración de biodiesel a partir de aceite de soya tiene un costo de 0.57 USD/l, y a partir de aceite de girasol el costo es de 0.52 USD/l<sup>21</sup>.

## Ejemplos de proyectos

**El Proyecto de Bioenergía de Nuevo León S.A.** en Monterrey, es el primero en el país que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para generar energía eléctrica, con una capacidad de 7 MW. El proyecto se desarrolló con un apoyo parcial del GEF, a través del Banco Mundial. Los cambios regulatorios y legales en los que está trabajando México permitirán replicar este proyecto en otros rellenos sanitarios del país. **La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)** ofrece apoyo para este tipo de proyectos, desde el diseño de rellenos sanitarios, hasta la generación de energía eléctrica. Actualmente cuenta con una cartera de 4 proyectos con estudios de preinversión, y colabora en el desarrollo de otros 6.

**El Grupo Energéticos S.A., en colaboración con el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM),** firmaron un convenio de colaboración para producir biodiesel a partir de grasa animal de desecho de rastros. En julio del 2005, en Nuevo León, se inauguró la planta con una inversión de 1.5 millones de dólares (capacidad de producción inicial de 500 mil litros por mes). El biodiesel se usa como combustible en medios de transporte, en una primera etapa, para camiones industriales en el norte de México. La visión a futuro es comercializar el producto en la Ciudad de Monterrey, ya que la planta tiene un potencial de producción de 1 millón de litros por mes.

<sup>15</sup> Sistema de Información Energética: [sie.energia.gob.mx/sie/bdiController](http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController), SENER 2005, México.

<sup>16</sup> Calatayud, Liliana y Jácome, Sergio, 2003, México.

<sup>17</sup> Libro Blanco de la Bioenergía en México, Red Mexicana de Bioenergía 2005, México.

<sup>18</sup> Ciudad de México, Guadalajara, Puebla, Nezahualcoytl, Tijuana, Ecatepec, Mérida, Acapulco, Ciudad Juárez, y Tlalnepantla.

<sup>19</sup> [www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp](http://www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp).

<sup>20</sup> Libro Blanco de la Bioenergía En México, Red Mexicana de Bioenergía 2005, México.

<sup>21</sup> Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.

### 3.5 Energía Geotérmica



**Tecnología:** Los recursos de alta temperatura ( $T > 200^{\circ}\text{C}$ ) pueden utilizarse para generar energía eléctrica, los de temperatura baja ( $T < 200^{\circ}\text{C}$ ) para aplicaciones térmicas. Estado actual: México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica, con 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh/año.

**Potencial:** La CFE estima que el potencial geotérmico permitiría instalar otros 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnología para su aprovechamiento. Los proyectos en etapa de factibilidad se muestran en el Cuadro 3. Estas cifras no incluyen el aprovechamiento geotérmico de baja entalpía a través de bombas de calor.

Cuadro 3  
Proyectos geotérmicos en etapa de factibilidad de la Cartera del Sector Energía

Central	Capacidad MW	Generación GWh/año
Cerro Prieto V, Baja California	100	813.2
Cerritos Colorados 1ª etapa, Jalisco	26.9	207.1
Cerritos Colorados 2ª etapa, Jalisco	26.9	414.1
Los Humeros II, Puebla	25	207.1
Los Humeros III, Puebla	55.0	207.1
<b>Total</b>	<b>220.0</b>	<b>1,656.3</b>

Fuente: Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

**Costos:** Los montos de inversión en centrales geotermoeléctricas en México son del orden de 1,400 USD/kW. Por su parte, el costo de generación promedio es de 3.986 ¢USD/kWh<sup>22</sup>.

### 3.6 Barreras en el desarrollo de las energías renovables en México

**Institucionales:** La planeación energética del país está basada en metodologías que evalúan sólo el costo económico de corto plazo de la generación de energía. La falta de valoración de los beneficios que las energías renovables aportan a la economía nacional, tales como la estabilidad de precios de la energía en largo plazo, y la reducción de riesgos en el abasto energético, aunado al hecho de contar con importantes recursos energéticos fósiles nacionales, hace que las políticas y prospectivas energéticas nacionales sigan basándose en combustibles fósiles.

**Legales y Regulatorios:** Existen limitaciones constitucionales y legales a la participación privada en el Sector Energía. Para el caso específico de la generación de energía eléctrica, La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) solamente permite la generación a particulares, a través de permisos, para casos específicos (capítulo 5, artículo 36, y artículo 72 del reglamento), que podrán incluir transmisión, transformación y entrega de la energía eléctrica a los respectivos beneficiarios (artículo 73 del reglamento). Si bien, estas modalidades permiten la participación de particulares en la generación y transmisión de energía eléctrica, obliga a las empresas públicas de electricidad a adquirirla al menor costo económico de corto plazo. Bajo este enfoque, la generación eléctrica a través de ER resulta más costosa, comparado con fuentes fósiles convencionales, por lo que se requieren mecanismos que permitan fomentarlas, similares a los que se han implementado en los países donde su participación es relevante. Para lograrlo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como metodologías para valorar el aporte de capacidad que las fuentes renovables (en particular las de carácter intermitente) otorgan al Sistema Eléctrico Nacional. En este sentido, la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), cuenta con un abanico de instrumentos de este tipo que, en caso de aprobarse, contribuirán al desarrollo de las ER.

<sup>22</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

**Económicos/Financieros:** Dado que la planeación energética está basada en la evaluación tecnológica de generación de menor costo económico de corto plazo y que la CFE está obligada por ley a adquirir la electricidad de terceros a este costo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como mecanismos financieros que permitan a las ER ser competitivas frente a las fuentes convencionales. Los esquemas de financiamiento en México han sido insuficientes para el fomento de las energías renovables, por lo que es necesario impulsar este tipo de mecanismos. La iniciativa de la LAFRE tiene como uno de sus instrumentos más poderosos, la creación de un Fideicomiso que otorgaría incentivos temporales a proyectos que generen, mediante fuentes renovables, electricidad para el servicio público. Asimismo, cabe mencionar que de manera paralela, la SENER, el GEF y

el Banco Mundial están desarrollando conjuntamente un esquema para implementar un Fondo Verde que dará a partir del 2006, incentivos a productores independientes de energía que la entreguen a la CFE para el servicio público.

**Técnicos:** A pesar de que se han hecho esfuerzos importantes para estimar el potencial de las ER en México, como los estudios para evaluar el recurso geotérmico de CFE, y los mapas eólicos y solares elaborados por el IIE, Gobiernos Estatales y Organismos Internacionales, estos esfuerzos, en ocasiones no abarcan todo el territorio nacional, o bien, no se cuantifican otros recursos, como el mareomotriz, la geotermia de baja entalpía, el biogás de residuos urbanos y agronómicos y la biomasa de plantaciones energéticas.



La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), que regula la provisión de electricidad en México, no permite a los particulares la libre compra-venta de energía, pero sí su generación, ya sea para autoabastecerse, o para complementar procesos productivos mediante la cogeneración, sujetos a permiso de la CRE. Los particulares también pueden generar energía para la CFE, en esquemas de productor externo y de pequeño productor, así como para exportarla. De 1994 a 2005 la CRE ha aprobado 348 permisos de generación de electricidad, de los cuales 317 están en operación.

### Avances recientes en materia de regulación energética en México

- Dictaminación favorable a la Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía en diciembre de 2005, por la Cámara de Diputados.
- Modificación del modelo de contrato de interconexión para autoabastecimiento con ER intermitentes por la CRE con la finalidad de incorporar una metodología para estimar y acreditar el aporte de capacidad de estas fuentes al Sistema Eléctrico Nacional.
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana para la protección al medio ambiente durante la construcción, explotación y abandono de un parque eólico.

### 4.1 Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE)

En Diciembre del 2005 se aprobó en la Cámara de Diputados la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), en la que se establece la creación de un Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía. Se define como meta para el 2012, un **porcentaje mínimo de participación de las ER** en sus distintas modalidades, respecto a la generación total de electricidad, **del 8%**, sin incluir las grandes hidroeléctricas. La SENER elaborará y coordinará la ejecución del Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.

La capacidad adicional requerida se logrará con:

- Proyectos incluidos en la planeación de la expansión de CFE, una parte de los cuales deberán ser proyectos de pequeña escala (< 30 MW).
  - Proyectos de pequeña escala (< 30 MW) no incluidos en la planeación de la expansión de CFE.
- Proyectos de autoabastecimiento con fuentes renovables de energía.
- Proyectos en comunidades rurales aisladas.

Para el cumplimiento de las metas establecidas en la iniciativa de ley, se estima necesario destinar aproximadamente 600 millones de pesos al año (equivalente a 55 millones de USD; pesos de 2005) para dar incentivos que fomenten la inversión pública y privada con miras a que se instalen y se pongan en operación proyectos que generen electricidad para el servicio público, utilizando tecnologías competitivas. Se estima necesario destinar asimismo, recursos adicionales del orden de 400 de pesos al año (equivalente a 37 millones de USD) para la promoción de otras tecnologías (aplicaciones eléctricas o no eléctricas) menos maduras consideradas como estratégicas para México, así como para fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico nacional y el desarrollo social y económico de las regiones y los sectores de la población más atrasados.

La Ley señala, entre otras cosas, que los pagos a los generadores por la energía que entreguen a las redes del Sistema Eléctrico Nacional reflejarán los costos evitados por los suministradores en virtud de la operación de los proyectos de generación. Asimismo, el Sistema Eléctrico Nacional deberá aceptar la electricidad generada a partir de Fuentes Renovables en cualquier momento que se produzca.

Respecto al destino de los fondos del Fideicomiso, establece que durante el primer año de operación, los recursos federales aportados se utilizarán de la siguiente forma:

- 55% para el “Fondo Verde”, que incentive el uso de tecnologías renovables maduras (aplicaciones eléctricas).
- 6% para el “Fondo de Tecnologías Emergentes” (aplicaciones eléctricas).
- 10% para el “Fondo de Electrificación Rural”.
- 7% para el “Fondo de Biocombustibles”.
- 7% para el “Fondo General de ER” (aplicaciones no eléctricas).
- 15% para el “Fondo de Investigación y Desarrollo Tecnológico de las ER (FIDTER)”.

Por último, se establece que al menos el 20% de los recursos del FIDTER serán destinados a la evaluación de los potenciales nacionales de las ER.

## 4.2 Contrato de interconexión para autoabastecimiento y otros instrumentos

A fin de promover el desarrollo de proyectos privados de energía en la modalidad de autoabastecimiento mediante ER del tipo intermitente, la CRE aprobó instrumentos de regulación que consideran la disponibilidad intermitente del energético primario. La materia de estos instrumentos comprende la energía eólica, la solar y la hidroelectricidad con almacenamiento o disponibilidad de agua limitada. Con estos instrumentos se permite al autoabastecedor inyectar a la red de transmisión del suministrador la energía eléctrica generada, cuando se cuente con el energético primario, para ser consumida por sus centros de consumo cuando éstos lo requieran.

En el pasado los instrumentos de regulación aplicables a las ER no reconocían la potencia que aportan los equipos de generación de energía eléctrica de este tipo a las horas de máxima demanda del Sistema Eléctrico Nacional. Por tal motivo, la CRE aprobó en enero de 2005 las modificaciones al modelo de Contrato de Interconexión aplicable a este tipo de fuentes, donde se determina la “Potencia Autoabastecida” del permisionario como el promedio de las potencias medidas en el Punto de Interconexión, que se hayan presentado en los 12 intervalos de medición incluidos dentro de la hora de máxima demanda para todos los días laborables del mes en cuestión. Esta Potencia Autoabastecida permitirá reducir el cargo por demanda facturable de los centros de consumo del Permisionario.

También se propone que el intercambio de energía eléctrica, que actualmente se realiza utilizando el Costo Total de Corto Plazo (CTCP), se realice a través del cargo variable de las tarifas eléctricas, buscando así una mayor transparencia al determinar la cantidad de energía que el permisionario intercambia con sus socios.

## 4.3 Otras Iniciativas

**Iniciativa para modificar la Ley del Impuesto Sobre la Renta:** Propone un nuevo estímulo fiscal que promueva la inversión y uso de ER para vivienda, que consiste en un crédito fiscal del 30% a la inversión en equipos para la generación de energía proveniente de ER.

**Proyecto de Ley Especial sobre Producción y Servicios:** Propone establecer un impuesto especial del 0.5% a las enajenaciones o importaciones de energía eléctrica, y que los recursos recaudados se destinen al fomento de las ER en la generación de electricidad.

**Iniciativa para modificar la Ley Federal de Derechos:** Pretende que los combustibles fósiles paguen un derecho en función del Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) liberado en su combustión, gravando su consumo, bajo el principio de que “el que contamina paga”. Para combustibles líquidos, propone derechos de 0.52¢ a 0.97¢ de peso por litro, y un mayor gravamen para los combustibles sólidos. Para el gas natural propone 19.7¢ de peso por millar de pies cúbicos. Los ingresos recaudados se destinarían a la promoción de las ER.

**Normas Oficiales Mexicanas (NOM):** (1) NOM para la protección al medio ambiente durante la construcción, explotación y abandono en el uso de energía eólica (fase de aprobación). (2) NOM para determinar el rendimiento térmico y funcionalidad de calentadores solares (en vigor). (3) NOM para calentadores solares, que tiene por objeto establecer los criterios para el aprovechamiento de la energía solar en establecimientos nuevos y remodelaciones en el D.F., que requieran agua caliente para actividades productivas, y establece que al menos 30% del consumo energético anual deberá provenir del sistema de calentamiento basado en el aprovechamiento de la energía solar (en vigor).

**Desarrollo de Políticas:** Con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo y la GTZ –Cooperación Técnica Alemana– la SENER realizará estudios de factibilidad para bioetanol y biodiesel en el 2006. Estos estudios servirán como base para el desarrollo de una política mexicana en materia del uso de biocombustibles para el transporte.

### Apoyo por parte de la Cooperación Técnica Alemana a través de la GTZ

Desde Junio 2005, la GTZ está implementando el proyecto “Promoción de Energías Renovables - PromovER”. El objetivo es contribuir a que las instituciones responsables fomenten de manera más eficaz el desarrollo del mercado de energías renovables. Para lograr este objetivo, se está colaborando estrechamente con los principales actores a nivel macro y se procura impulsar el uso de las energías renovables a gran escala a través de asesoría enfocada tanto a la adecuación de los marcos regulatorios y legales como al desarrollo de mercados y proyectos. Se ha enfocado el componente a las siguientes cuatro líneas de acción:

- Desarrollo de políticas y estrategias–al inicio con enfoque en biocombustibles.
- Asesoría para la adecuación de los marcos legal y regulatorio.
- Desarrollo de mercados y proyectos–al inicio enfocado al fomento de calentadoras solares .
- Cooperación Sur-Sur.

Las entidades mexicanas participantes son: Secretaría de Energía (SENER) (principal contraparte responsable), Comisión Reguladora de Energía (CRE), Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).





# Instrumentos de fomento económicos y financieros Situación Actual y Retos

## 5.1 Fondos de inversión

Para fomentar la participación de los inversionistas nacionales y extranjeros en proyectos de infraestructura básica, se constituyó en BANOBRAS el Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), que tiene como instrumentos: capital de riesgo y capital subordinado; participa como socio minoritario dentro del proyecto, aportando hasta el 35% del capital ordinario.

## 5.2 Fondos para incentivar la generación

Además del Fideicomiso de la LAFRE (capítulo 4.1), existen apoyos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el PNUD y el BM, entre otros, para la generación de electricidad a gran escala a partir de energías renovables (especialmente para la eólica), así como para la investigación y el desarrollo tecnológico.

**Proyecto de ER a Gran Escala (PERGE):** El proyecto cuenta con un donativo del GEF, a través del Banco Mundial, por un total de 70 Millones de USD. Su Objetivo es impulsar las ER en conexión a la red en México, y contribuir a evitar emisiones contaminantes. El proyecto se realizará en dos etapas, en la primera, se cuenta con 25 Millones de USD, de los cuales 20 se destinarán a la realización de la Venta III, un proyecto eólico (101 MW), y los 5 restantes para actividades de asistencia técnica. La CFE pagará costos evitados, y el incentivo se otorgará a los productores a través del Fondo Verde. El proyecto se licitará en el 2006, para operar en el 2008. En la segunda etapa, se contará con 45 Millones de USD, que se destinarán íntegramente al Fondo Verde. En abril de 2005, la SENER solicitó a la CFE incluir en el plan de expansión cinco proyectos eolieléctricos de 101 MW cada uno, considerando los estímulos económicos que recibirían del Fondo Verde del PERGE.

**Fondo Verde del PERGE:** Mecanismo financiero que buscará el reconocimiento progresivo del valor real de las fuentes renovables por su contribución a la reducción de riesgos en el abasto energético y a la estabilidad de precios de la energía, por su aporte a la capacidad del Sistema Eléctrico Nacional y por su potencial para reducir los impactos ambientales regionales y globales. Destinará los recursos a otorgar incentivos por desempeño. En vez de subsidio a capital, cada proyecto recibirá un incentivo fijo por unidad de energía generada durante 5 años.

### 5.3 Bonos de carbono

Como signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático y de su Protocolo de Kyoto México no tiene compromisos cuantitativos y se puede beneficiar del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) vendiendo Certificados de Reducción de Emisiones a países del Anexo I. La aprobación de los proyectos realizados en México, desde la perspectiva de país huésped, la realiza el Comité de Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI) que funge como autoridad nacional designada ante la Convención Marco de las Naciones

Unidas para el Cambio Climático, y es uno de los grupos de trabajo del Comité Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). En el COMEGEI la aprobación de proyectos se da por consenso entre las Secretarías que lo conforman. A la fecha, la COMEGEI ha emitido cartas de aprobación para 24 proyectos que evitarán la emisión de 5.8 Millones de Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Adicionalmente, el Sector Energía está trabajando a través del Comité de Cambio Climático del Sector Energía, en el desarrollo de una cartera de proyectos MDL, que incluye iniciativas en los sectores público y privado para ER.

### 5.4 Incentivos fiscales

Con la finalidad de propiciar inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de ER, el 1° de diciembre de 2004 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la modificación al Artículo 40, Fracción XII de la Ley de Impuesto sobre la Renta, en la que se establece que los contribuyentes del ISR podrán depreciar el 100% de la inversión en un solo ejercicio. La maquinaria y equipo que se adquiera se debe mantener en operación durante un periodo mínimo de cinco años, con fines productivos.

### **6.1 Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía**

Establecerá objetivos y metas específicas y definirá las estrategias y acciones, incluirá el inventario actualizado de las Fuentes Renovables de Energía y observará los compromisos internacionales en materia de aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía y Cambio Climático. En caso de aprobación de la LAFRE, aún sujeta a revisión por la Cámara de Senadores, la SENER tiene la obligación de presentar el Programa para aprobación Presidencial en un plazo de nueve meses a partir de la publicación de la LAFRE.

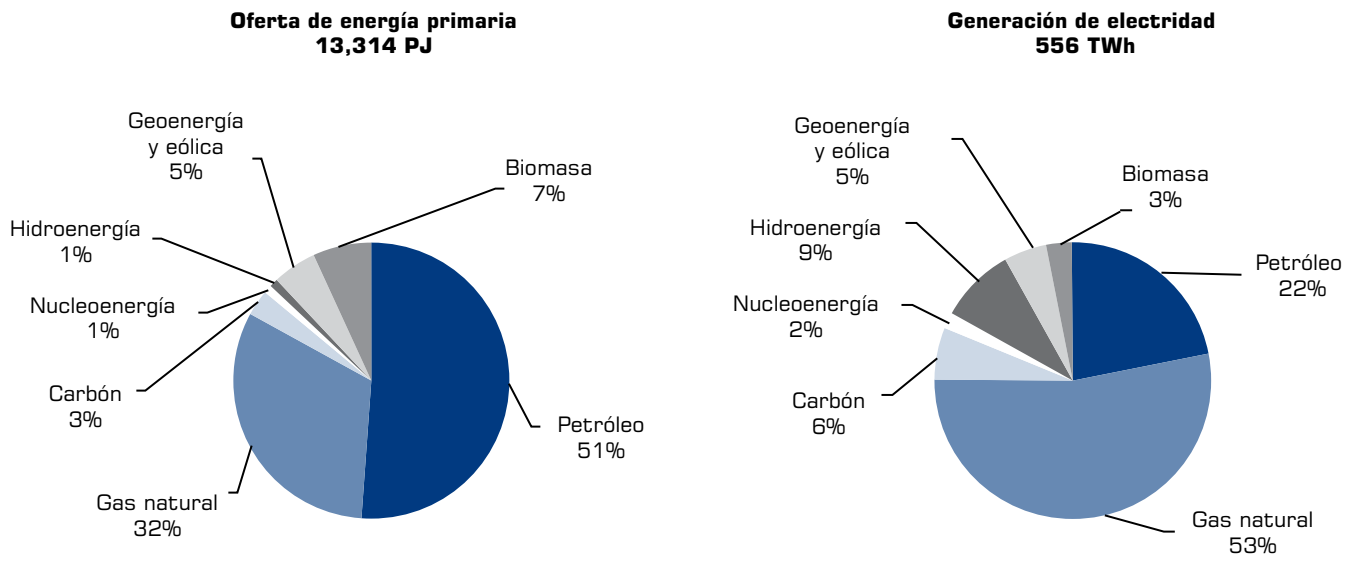
### **6.2 Prospectiva de Energías Renovables-Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México**

La primer prospectiva para ER elaborada a solicitud de la SENER prevé como escenario base que la oferta de energía primaria se duplicará entre 2002 y 2030. El gas natural tendrá una tasa de crecimiento anual del 3.5%, la demanda de petróleo para el año 2030 se estima en 3.4 millones de barriles diarios y en cuanto a ER, la hidroenergía crecerá 2.3% por año, la biomasa y desechos 3.7% y otras renovables 4.1%. Por su parte, las ER no utilizadas en la generación eléctrica alcanzarán sólo el 5% del total de la mezcla, reduciendo su participación la biomasa y desechos del 8% al 4% entre 2002 y 2030, debido a que el uso principal de la biomasa en México al 2004, es en el sector residencial<sup>23</sup> (leña para la cocción de alimentos); si bien habrá una reducción en el consumo total de biomasa, el avance será que de usar leña se pasará a un mayor uso de biomasa proveniente de residuos agronómicos y urbanos. En cuanto a la biomasa y los desechos, se prevé un incremento para llegar a ser tan importante como la geotermia en 2030 (36% y 38% del total generado por ER excluyendo la hidroenergía) y el doble de la contribución del viento (19%). La contribución de la hidroenergía a la generación eléctrica se duplicará entre 2002 y 2030.

---

<sup>23</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

Gráfica 5  
Escenario prospectivo al 2030



Fuente: CMM 2005, elaborado con datos de Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.



El desarrollo de las ER ha sido impulsado de manera importante por las reducciones en los costos de inversión, operación y mantenimiento derivados de mejoras tecnológicas. De ahí resulta la importancia de fortalecer a nivel nacional su investigación y desarrollo tecnológico.

Existe una importante red de investigación en materia de ER en México, que incluye instituciones tanto del sector público como privado. Cabe destacar la participación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) que han impulsado proyectos que buscan promover y apoyar la innovación tecnológica en el sector eléctrico, así como de sus proveedores y usuarios, mediante la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y servicios especializados. La SENER establece los lineamientos de política en materia de investigación en ER. El gobierno de México participa a través de la SENER, la CONAE y el IIE, con organismos internacionales de energía, incluyendo a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Instituciones como el CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional, están desarrollando proyectos de investigación referentes a las ER.

### Programas de Desarrollo Tecnológico

La SENER ha participado en el desarrollo del Plan de Acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloelectrica en México, proyecto con financiamiento a fondo perdido del GEF a través del PNUD, ejecutado por el IIE. En su primera etapa, cuenta con 4.5 millones de dólares para el desarrollo de un Centro Regional de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Eólicas (CERTE) en Oaxaca, y 2 millones para medir la velocidad del viento con la instalación de estaciones anemométricas en diversos puntos del país, así como la ejecución de tres proyectos eoloelectricos a los que a cada uno se destinará un monto de 20 millones de pesos.

El IIE está desarrollando mapas tecnológicos, actualmente el mapa tecnológico de eoloenergía que se presentará en marzo de 2006, y ha contado con el apoyo del sector público, del sector privado y del sector académico. El mapa incluye el diagnóstico actual y prospectivo de la energía eólica, identificación de áreas de oportunidad y las oportunidades de fabricación local de equipo, así como la infraestructura necesaria.

Con respecto a la biomasa, se desarrollan esfuerzos para evaluar su potencial nacional, tales como el Mapeo Integrado de la Oferta y Demanda de Combustibles Leñosos (WISDOM - por sus siglas en inglés), y el Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables (SIGER), del IIE, que busca integrar información dispersa sobre los recursos bioenergéticos y manejarla dentro de un sistema geo-referenciado único.

Se han desarrollado también proyectos experimentales de energía maremotriz, a través de un sistema denominado Sistema de Bombeo de Energía por Oleaje (SIBEO). El proyecto fue desarrollado en Oaxaca en 1995 y está en operación.

# Energías Renovables para el Desarrollo Social

En México se ha alcanzado una cobertura en servicio eléctrico del 96%<sup>24</sup> (Gráfica 5), quedando aproximadamente 5 Millones de personas sin electricidad en sus hogares. Gran parte de ellos habitan en localidades aisladas, donde la extensión de la Red Convencional no representa una solución económicamente viable. Para proveer de energía a este rezagado sector de la población se diseñó el Proyecto Banco Mundial/ SENER/ GEF “Servicios Integrales de Energía para Pequeñas Comunidades Rurales en México (SIEPCRM)”.

## Otros Programas de Electrificación Rural

**IIE-CFE:** Con su apoyo se han instalado más de 60,000 sistemas fotovoltaicos en 20 estados del país con fondos aportados por el gobierno federal. También se tiene experiencia con sistemas híbridos solar-eólico para electrificar comunidades en Baja California Sur.

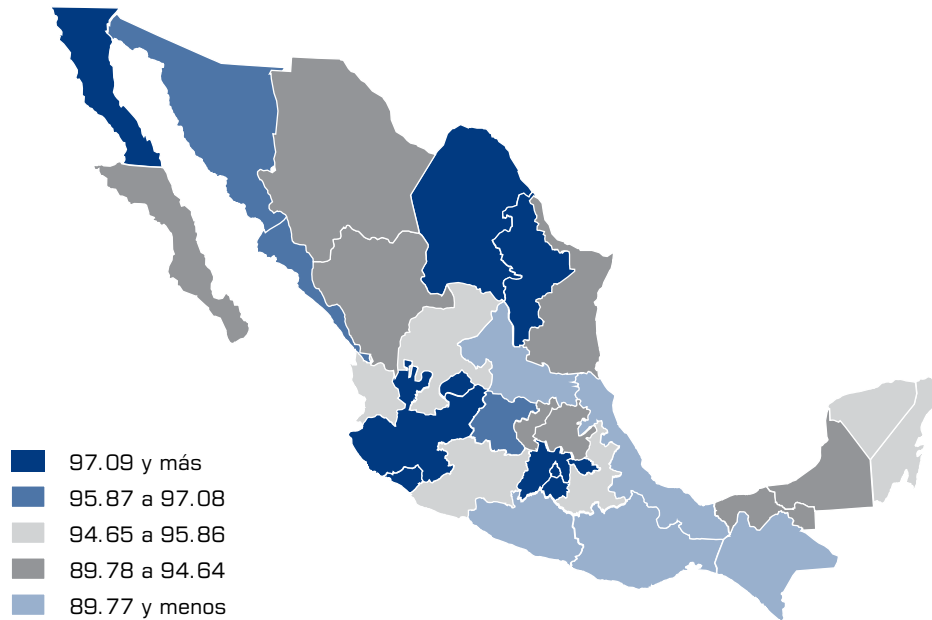
**Programas del FIRCO:** El FIRCO ha fomentado programas de electrificación rural, en convenios suscritos al 2005:

- Convenio de Colaboración con los Laboratorios Nacionales Sandía de los EEUU - Con este convenio se instalaron 195 sistemas, y se apoyó a más de 3,500 productores.
- Convenio de Donación con el Fondo Mundial del Medio Ambiente a través del Banco Mundial. Con este convenio, la SAGARPA promovió un donativo por 32 millones de dólares, el Gobierno Federal aporta 13.5; los productores 9.6 y el GEF 8.9.

Los programas apoyados consisten en la generación de energía eléctrica a través de la insolación de paneles solares, que se utiliza para bombear agua de pozos y norias ganaderas. Los resultados alcanzados con estos programas incluyen más de 1,000 sistemas instalados.

<sup>24</sup> Censo de Población y Vivienda, INEGI 2005, México.

Grafica 6  
Cobertura del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: XI Censo general de Población y Vivienda, INEGI.

El SIEPRCM pretende, en los próximos 5 años, impulsar proyectos de electrificación rural con ER, en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz, dotando de electricidad a 50,000 viviendas. El 60% de las localidades a electrificar son de población indígena. Se llevará a cabo en estrecha colaboración con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), en el marco de su programa de apoyo en infraestructura básica (PIBAI) en los 50 municipios más pobres del país. Para ello se utilizarán diversas tecnologías incluyendo celdas fotovoltaicas, turbinas eólicas, plantas micro-hidráulicas, pequeñas plantas generadoras con biomasa y sistemas híbridos ER-diesel.

El SIEPRCM aportará a las localidades piloto capacitación para el desarrollo de actividades productivas relacionadas a la energía. Además, proveerá con capacitación técnica local para dar mantenimiento a los equipos y coadyuvará en la formación de estructuras inter-institucionales para el desarrollo de proyectos de electrificación rural con ER; asegurando así, la réplica del proyecto piloto en comunidades aledañas.

Los recursos para su desarrollo consistirán de una donación GEF, a fondo perdido por 15 MUSD, y un préstamo de Banco Mundial por 15 MUSD, que apalancarán una inversión estatal y municipal por 60 MUSD. Adicionalmente se buscará una coinversión de programas federales como Micro-Regiones de SEDESOL y PIBAI de CDI; así como privada por 10 MUSD para tener una bolsa total de 100MUSD a invertir en 5 años.



# Conclusiones: Retos y Oportunidades para las Energías Renovables en México

México está en proceso de mejorar significativamente su marco regulatorio y legal a efecto de impulsar el desarrollo de tecnologías basadas en ER, y asegurar que éstas obtengan la retribución económica correspondiente.

Un avance importante ha sido el dictámen favorable de la LAFRE, de la que se derivan metodologías que permitirán estimar las ventajas económicas no valoradas de las ER, como la contribución a la diversificación de fuentes primarias de energía (con lo que se disminuye el riesgos de abasto energético y se estabilizan los precios de la energía en el mediano y largo plazo). Se establecen criterios para calcular la aportación de capacidad, haciendo más competitivas a las ER frente a las fuentes convencionales de energía.

Se está avanzando en la definición de esquemas de financiamiento que permitan concretar la realización de proyectos de generación basados en ER. En este sentido, el Fideicomiso que se deriva de la LAFRE, cuando ésta sea aprobada por la Cámara de Senadores, ofrece una alternativa real. Los recursos necesarios para el Fideicomiso tendrán que provenir de tres tipos de fuentes: la presupuestal, que deberá ser gestionada por la propia SENER; los instrumentos de apoyo derivados de los MDLs y otros apoyos internacionales, y los derechos sobre emisiones de CO<sub>2</sub> o consumo de energéticos, para lo cual la SENER buscará la aprobación de una Iniciativa de Ley para modificar la Ley Federal de Derechos, gravando las emisiones de CO<sub>2</sub>, con lo que se podrán contar con recursos importantes para la promoción y el desarrollo de las ER en el país.

Existen apoyos de carácter internacional para proyectos específicos, tal es caso del PERGE, mecanismo financiero que buscará el reconocimiento progresivo del valor real de las ER, por su potencial para mitigar el Cambio Climático, así como el apoyo de la cooperación técnica alemana a través de la GTZ.

Con los nuevos contratos de interconexión, aprobados por la CRE, se establecen tarifas aplicables, se reconoce el aporte de capacidad de las fuentes intermitentes y se establecen los mecanismos para el intercambio de excedentes y faltantes de energía generada, con la red del Servicio Público.


Es necesario resolver algunos asuntos relacionados con la transmisión de electricidad generada mediante ER y su infraestructura necesaria, tal es el caso de la energía eólica que se generará en la Ventosa; para resolver este problema, SENER, CRE y CFE en estrecho contacto con los desarrolladores privados, están elaborando propuestas para el financiamiento de la instalación de nuevas líneas de transmisión, que podría incluir aportaciones parciales del sector privado. Debe señalarse que la transmisión de electricidad solamente se autoriza a particulares cuando está asociada al autoconsumo, lo cual constituye una limitante.

Es necesario apoyar el desarrollo de los mapas tecnológicos, como el elaborado por el IIE para la energía eólica, con el fin de contar con una evaluación fidedigna del potencial nacional de cada una de las ER. Para ello, una vez que se apruebe la LAFRE, se podrán destinar los recursos para este fin, ya que establece que un 20% del presupuesto asignado a investigación y desarrollo se deberá destinar a estos temas.

En tanto no se cuente con mayores recursos, es conveniente impulsar el desarrollo eólico en Oaxaca, concentrando los esfuerzos en la consolidación de los proyectos en marcha. Es necesario fortalecer los grupos de investigación en ER, ya que actualmente cuentan con recursos limitados, resultando en un desarrollo tecnológico todavía incipiente en nuevas áreas como la producción de combustibles líquidos, la gasificación de biomasa o la producción de hidrógeno a través del uso de las ER.

La meta propuesta en la LAFRE del 8% de participación de las ER en la generación de electricidad, es viable (las metas internacionales están sobre el 10%, con 12% para la Unión Europea, y casos particulares como el de Brasil y Canadá, tienen ya una participación mayor al 25%) dado que los recursos energéticos renovables son bastísimos. No obstante se deberán impulsar más acciones para su promoción, y se deberán consolidar las metodologías para valorar las ventajas económicas, ambientales y sociales de las ER que las hagan competitivas frente a las fuentes convencionales, con miras a disminuir paulatinamente la dependencia de su fomento al uso de incentivos económicos.

El conjunto de incentivos y modificaciones al marco legal y regulatorio promovidos tienen por objeto propiciar el desarrollo de nuevos proyectos y asegurar su rentabilidad con objeto de incrementar el aprovechamiento de las ER. Dichas acciones forman parte de una Estrategia Nacional que permitirá avanzar en el cumplimiento del compromiso que ha adquirido el Gobierno de México, de asegurar a las generaciones futuras un país con crecimiento económico, que tome en cuenta las variables sociales y ambientales de largo plazo y permita transitar hacia un desarrollo sustentable.

A vertical line runs down the center of the page, with a solid blue rectangular bar centered on it. The text is positioned to the right of the blue bar.

Renewable Energies  
for Sustainable  
Development  
in Mexico



---

# Renewable Energies for Sustainable Development in Mexico

---



**gtz**

Mexico City. January, 2006

**Published by:**

Ministry of Energy (SENER)  
Deutsche Gesellschaft für Technische  
Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

**Edited by:**

DR. JUAN CRISTÓBAL MATA SANDOVAL (SENER)  
DR. BERNHARD BÖSL (GTZ)  
ANDRÉ ECKERMANN (GTZ)

**Publishing design:**

Unit of Social Communication (SENER)  
María Eugenia Silva Romo  
Mario Armando Idueta Durán  
Lucero González Martínez

**Authors:**

Francisco Torres Roldán (Centro Mario Molina)  
Emmanuel Gómez Morales (Centro Mario Molina)

**Translated by:**

Carolina Fuentes Castellanos

*We thank the participation of the following people  
(alphabetic order):*

- *Dr. Claudio Alatorre Frenk (UNAM)*
- *Dr. Jorge Huacuz Villamar (IIE)*
- *Dr. Jorge Wölpert Kuri (SENER)*
- *Enrique Guzmán Lara (CRE)*
- *Gustavo Rosiles Castro (SEDESOL)*
- *Jorge Nuño Lara (SENER)*
- *Marco Antonio Borja Díaz (IIE)*
- *María Elena Sierra Galindo (SENER)*
- *Ubaldo Inclán Gallardo (SENER)*





This publication was prepared within the framework of the Mexican-German cooperation at the request of the “Renewable Energy Promotion“ component, which is part of the “Environmental Management and Sustainable Resource Use“ Program from the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (German Technical Cooperation). This document was developed by external consultants. The opinions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of SENER and/or GTZ. Partial or total reproduction of this document is authorized provided the source is acknowledged.

This publication was printed in January 2006 in a print run of 700 copies.



51	Message from the Minister
53	1 Introduction–Renewable Energies for sustainable development in Mexico
55	2 Actors
57	3 Renewable Energies in Mexico–Status Quo and Potential
60	3.1 Solar Energy
60	3.2 Wind Energy
62	3.3 Hydropower
62	3.4 Bioenergy
64	3.5 Geothermal energy
64	3.6 Barriers to the development of renewable energies in Mexico
67	4 Regulatory and legal framework–Advances and Perspectives
67	4.1 Initiative of Law for the Use of Renewable Sources of Energy (LAFRE)
68	4.2 Interconnection contract for self-supply and other instruments
68	4.3 Other initiatives
71	5 Instruments of economic and financial promotion–Status Quo and Challenges
71	5.1 Investment funds
71	5.2 Funds with incentives for generation
72	5.3 Carbon bonds
72	5.4 Fiscal incentives
73	6 Planning instruments
73	6.1 Program for the Use of Renewable Energy Sources
73	6.2 Renewable Energy Outlook–A Vision for 2030 on the Use of Renewable Energies in Mexico
75	7 Technological Development
77	8 Renewable energies for social development
79	9 Conclusions: Opportunities and Challenges for Renewable Energies in Mexico
83	Annex 1: Bibliography
85	Annex 2: List of contacts



# Message from the Minister

---



*Lic. Fernando Canales Clariond*  
Minister of Energy

In the current energy context, the economic benefits of renewable energies have acquired great relevance by contributing to reduce risks associated with price volatility, diversifying the energy portfolio, reducing environmental impacts and promoting the country's sustainable development. Especially relevant is the contribution of these sources to social development of areas where conventional energy is not economically feasible, as is the case of rural areas that are isolated from the electric grid.

Even though Mexico has significant fossil fuel reserves; we need to continue promoting the use of alternative sources of energy, taking advantage of the vast national potential for energy generation through renewable sources, such as solar, wind, mini-hydro and biomass.

This administration, through the Ministry of Energy (SENER for its acronym in Spanish) has sought to develop and promote alternative energy technologies. We have dedicated efforts towards the creation of energy policies with sustainability criteria; developing financial instruments and mechanisms; and strengthening the regulatory framework, with the goal of eliminating barriers and opening windows of opportunity for new projects.

The strategic actions that have been implemented will allow us to foster regional development that in turn will facilitate a better management of our natural resources, reducing environmental pollution and improving the quality of life of our society.

In this sense, the Federal Electricity Commission began preparatory activities for the construction of the La Venta II wind farm that will have an installed capacity of 83.3 MW. In the same form, the Spending Budget of the Federation for 2006 already contemplates the La Venta III project with an installed capacity of 101 MW that will count with economic support from the Global Environment Facility.

In terms of Rural Electrification, the Project of Integrated Energy Services for Small Rural Communities is being implemented with the coordination of the Ministry of Energy, and with the joint participation of the Commission for the Development of Indigenous People and the World Bank. This program will bring electricity to 50 thousand rural households in rural areas, isolated from the national electric grid, in the states of Chiapas, Guerrero, Oaxaca and Veracruz.

The support received by international institutions and governments, as the one provided by the cooperation between Mexico and Germany, through the GTZ (German Technical Cooperation), has promoted the participation of different actors in the following areas: technical cooperation and assistance, financing, technological development and market development.

With regards to fiscal matters, the Income Tax Law has an accelerated depreciation rate of 100% for investments in machinery and equipment for renewable energy generation, which is especially attractive as a promotion instrument.

On the other hand, the Interconnection Contract for Intermittent Sources with Credited Capacity, emitted by the Energy Regulatory Commission (CRE for its acronym in Spanish), came into effect during the month of January 2006. This contract allows us to calculate and credit the capacity that these projects provide to the electric grid. It is estimated that this will allow for the installation of more than 700 MW in permits granted by CRE.

It is a great pleasure for us to mention that the House of Representatives of the Congress has recently approved the Law Initiative for the Use of Renewable Sources of Energy. This law includes instruments, such as the creation of a trust fund that will allow renewable energy sources to reach an 8% in the participation of national electricity generation by 2012; not considering the contribution of large hydropower plants. With this law, Mexico will join the group of countries with public policies that promote the development of technologies for the use of renewable energy sources.

The Ministry of Energy will assume a key role in the application of this law. The Ministry, as the leading institution with regards to the country's energy policy and planning, will continue to coordinate, integrate, and promote energy policies and programs that foster these alternate sources of energy.

The implementation of measures such as the ones described previously, will allow Mexico to continue working towards the commitments acquired in the context of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), its Kyoto Protocol, as well as in the International Renewable 2004 Energy Conference held in Bonn.

Finally, the participation of Mexico as host of international fora, such as the International Grid Connected Renewable Energy Policy Forum, with support of the Global Environment Facility (GEF) and the World Bank; and the G8+5 Ministerial Meeting on Clean Energy, Climate Change and Sustainable Development, endorses the energy sector commitments towards energy diversification and economic development in harmony with the environment.

# Introduction Renewable Energies for sustainable development in Mexico

The National Development Plan 2001-2006 (PND for its acronym in Spanish) identifies the sustainable development as a central axis for public policy in Mexico. This Plan specifically states that quality growth will only be achieved through the creation of the proper conditions for sustainable development, the modernization of environmental and natural resources management, and the incorporation of an effective scheme for their protection.

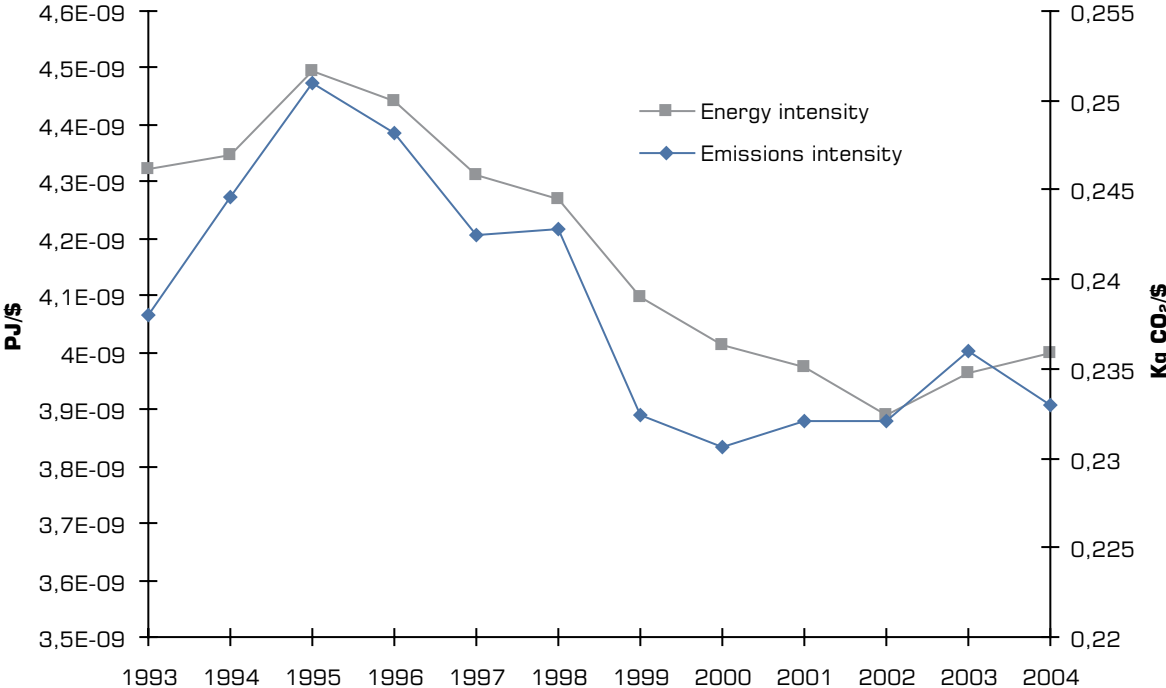
The Sectorial Program of Energy 2001-2006 (PSE for its acronym in Spanish) mandates the incorporation of at least 1,000 MW of renewable energy sources to the installed electricity generation capacity by the year 2006 (excluding large hydropower plants planned by the Federal Government through the Federal Electricity Commission). In order to achieve this goal, the PSE proposes the establishment of necessary actions that allow private and public sectors to participate in the development of new renewable energy projects, including the following technologies: solar, wind, geothermal, small hydropower, biomass and biogas, among others. This Program also contains the guiding principles of the Mexican Energy Policy: *energy sovereignty, assurance of supply, social commitment, modernization of the energy sector, growing private sector participation, orientation towards sustainable development and commitment to future generations*. In this context, renewable energy sources play a key role.

To achieve the goal proposed in the PSE, it is necessary to use different financial mechanisms such as those developed jointly by the Federal Government and the Global Environment Fund (GEF), the World Bank, and the United Nations Development Program (UNDP). These mechanisms are required to foster the development and use of renewable energy sources in the country.

Renewable Energies (RE) constitute an important answer to the generalized need for a sustainable model of progress respectful of future generations. By the same token, their effective use will contribute to preserve non renewable energy resources. In addition, scale economies achieved as a result of a greater use of RE, together with the increase in price of fossil fuels observed over the present decade, have improved their competitive position opening major opportunities.

Thanks to the efforts carried out by the energy sector, guiding the country towards a sustainable development, Mexico has achieved over the last 10 years, a reduction in terms of energy intensity (primary energy consumption in PJ/GDP in \$\*) as well as in emissions intensity (emissions of CO<sub>2</sub> in kg/GDP in \$\*), as shown in Graph 1.

Graph 1  
Energy and emissions intensity



Source: Centro Mario Molina (CMM) 2005, made with data from the National Energy Balance 2004.  
\* 1993 pesos.



Among the main actors involved with RE are the Ministry of Energy (SENER for its acronym in Spanish), the Energy Regulatory Commission (CRE for its acronym in Spanish), the National Commission for Energy Saving (CONAE for its acronym in Spanish), the Institute of Electricity Research (IIE for its acronym in Spanish), the Federal Electricity Commission (CFE for its acronym in Spanish), the Central Light and Power Company (LFC for its acronym in Spanish), the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT for its acronym in Spanish), the Ministry for Social Development (SEDESOL for its acronym in Spanish), the Trust for Shared Risk (FIRCO for its acronym in Spanish), and diverse associations that promote renewable energy use.

SENER, within the constitutional framework, conducts the national energy policy, guaranteeing a competitive, sufficient, high quality, economically viable and environmentally sustainable energy supply for the country's development.

CRE regulates natural gas and electricity industries, grants permits for energy generation, approves umbrella contracts for energy provision, and provides the methodologies to calculate applicable rates for private energy suppliers.

CONAE promotes energy saving and energy efficiency, and fosters the use of RE.

IIE is responsible of developing technological research applied to the electricity sector, including that related to RE.

CFE and LFC are state-owned utilities that provide electricity in Mexico. CFE generates a little over 80% of the total energy, holds 96% of the national transmission grid, and serves 22.9 million end users. LFC meets the needs of around 5 million end users.

SEMARNAT sets up national policies on environmental protection and coordinates activities related to the commitments of Mexico to the United Nations Framework Convention on Climate Change, together with the energy, transport, economy, agriculture, social development and foreign affairs sectors.

SEDESOL promotes social development projects, including the use of renewable energy, particularly landfill gas use.

FIRCO is a specialized shared-risk trust on rural development programs, including the use of renewable energy on productive rural agronomic and livestock activities.

The most relevant associations that promote RE in the country are: the National Association of Solar Energy (ANES), the Mexican Association of Wind Energy (AMDEE), the Mexican Bioenergy Network and the Mexican Association for Energy Economy (AMEE).

# Renewable Energies in Mexico Status Quo and Potential

In Mexico, despite the great RE potential, from 1993 to 2003 hydrocarbons<sup>1</sup> kept the major participation in the gross domestic offer of primary energy. The contribution of RE was marginal during the same period (Graph 2), and was used mainly for heating purposes and for electricity generation. Nonetheless, important increases are expected in hydropower (2,254 MW), wind (592 MW) and geothermal energy (125 MW), for the period 2005-2014, propelled jointly by SENER and CFE (Graph 3).

At the end of 2005, CRE had authorized 54 permits for electricity generation from renewable energy sources (Table 1), under the modalities of self-supply, cogeneration and export, out of which 37 are currently under operation. The rest are expected to come into operation in 2007, adding to the grid more than 1,400 MW of capacity, and a generation of more than 5,000 GWh/year.

Chart 1  
RE generation permits granted to private actors

Energy source	Permits	Capacity (MW)	Energy (GWh/a)
Wind	7	956.73	3,645.31
Hydro <sup>1)</sup>	12	159.08	736.33
Sugar cane waste	4	70.85	205.30
Biogas	3	19.28	120.80
Hybrids <sup>2)</sup>	28	248.68	475.40
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>1,454.62</b>	<b>5,183.14</b>

<sup>1)</sup> Less than 30 MW of capacity.

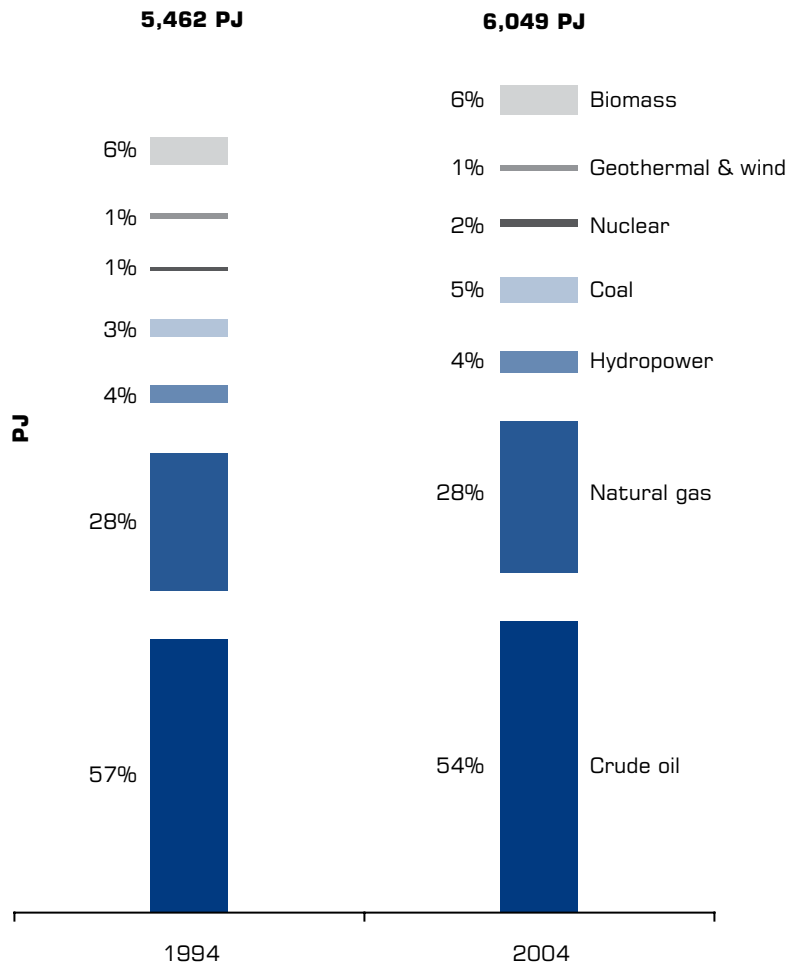
<sup>2)</sup> Renewable sources with fossil sources.

Source: Made with data from the CRE, [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx).

<sup>1</sup> Includes crude oil and condensated, associated and non-associated natural gas.

Graph 2

**Primary energy supply 1994-2004**



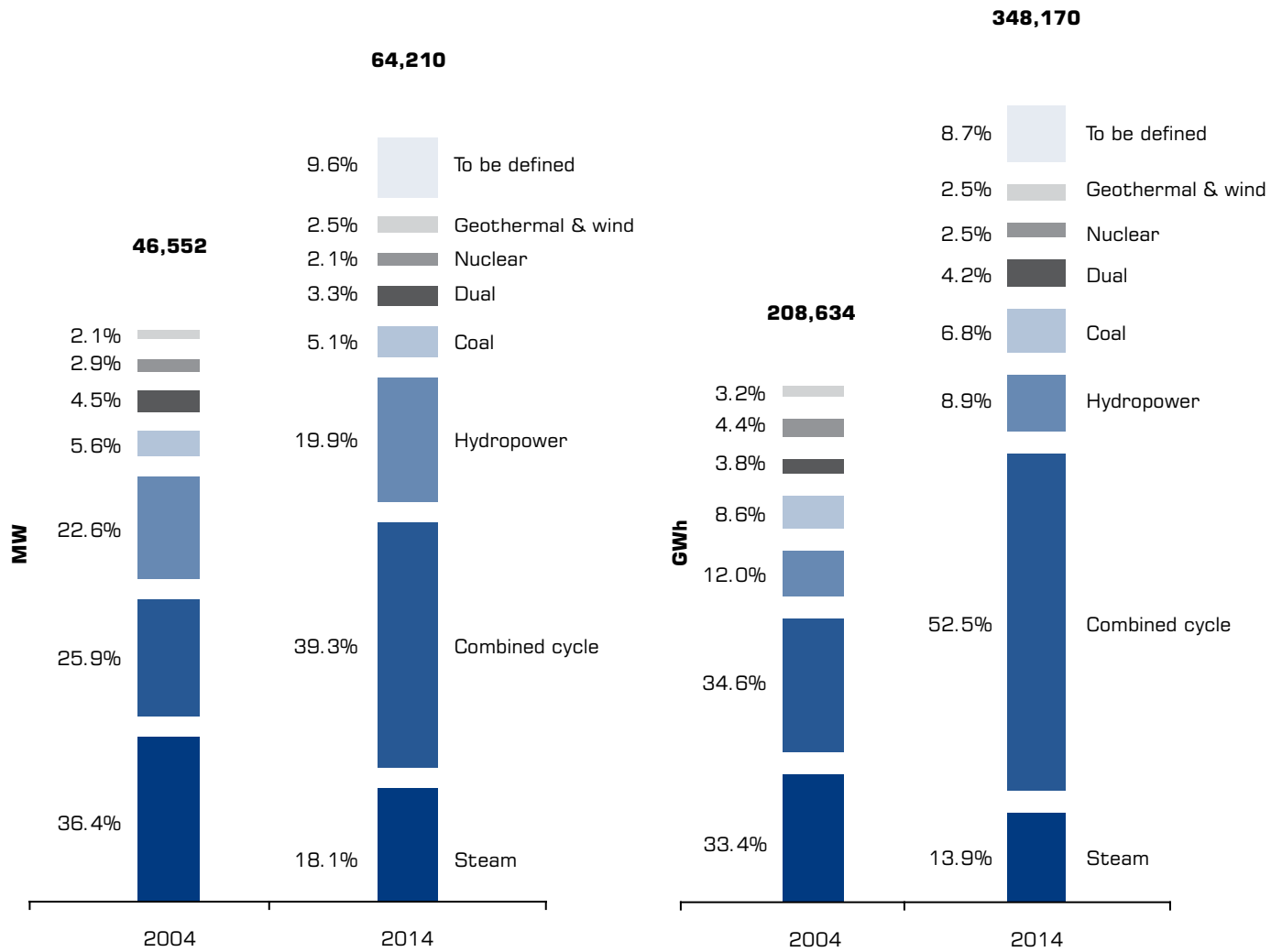
Biomass: includes wood and sugar cane waste.

Source: CMM 2005, made with data from the National Energy Balance 2004, SENER 2005.

Graph 3

**Installed capacity by technology, 2004-2014**

**Gross generation by technology 2004-2014**



Source: CMM 2005 Elaborado con datos de las Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

### 3.1 Solar Energy



**Technology:** The use of solar energy is mainly performed through the use of two types of technologies:

- *Photovoltaics*, which transform solar energy to electricity with photoelectric cells, made from light-reactive silicon.
- *Thermosolar*, which apply solar energy to thermal processes for fluid heating through solar collectors reaching temperatures from 40 to 100°C (flat collectors), or through “concentrators” that reach temperatures up to 500°C.

**Status Quo:** From 1993 to 2003, the installed photovoltaic capacity increased from 7 to 15 MW, generating more than 8,000 MWh/year for rural electrification, water pumping and refrigeration. With regards to thermo-solar systems, more than 570 thousand cubic meters of flat solar collectors were installed by the year 2003, with an average radiation of 8,841 kJ/m<sup>2</sup> and day, generating more than 270 Gigajoules for water heating<sup>2</sup>.

**Potential:** With an average solar insolation of 5 kWh/m<sup>2</sup>,<sup>3</sup> Mexico’s potential is one of the highest in the world. By the year 2013, 25 MW with photovoltaics are expected to be installed for a generation of 14 GWh/year. In addition, a combined cycle hybrid system with a 25 MW solar system is planned to be in place by 2009 (Agua Prieta II, Sonora)<sup>4</sup>.

**Costs:** Photovoltaic systems are currently a feasible option in sites located far away from the electric grid and, for uses such as electrification, rural communications, water pumping and cathodic protection, among others.

Generation and investment costs for photovoltaic systems are in the order of 3,500 to 7,000 dollars per installed kW, and of 0.25 to 0.5 dollars per generated kWh<sup>5</sup>. For solar thermal systems (“concentrators”), costs range between 2,000 to 4,000 dollars per kW and between 10 to 25 dollar cents per kWh. The investment cost for flat solar collectors is of 242 USD per m<sup>2</sup> installed<sup>6</sup>.

#### Examples of projects

CFE has a hybrid plant in San Juanico, Baja California Sur, integrated by 17 kW from photovoltaics, 100 kW from wind energy and an 80 kW diesel genset. A hybrid combined cycle plant with a 25 MW solar component will be tendered during 2006. This plant will be located in Northwest Mexico and is expected to begin operations in 2008.

### 3.2 Wind Energy



**Technology:** In 1997, the average wind turbine had a capacity between 600 and 750 kW. By 2005, wind turbines with capacities ranging from 2 to 3 MW were available in the market, as well as prototypes of up to 6 MW. The biggest diameter in the year 2000 was of 80 meters while at present it reaches 120 meters.

**Status Quo:** 3 MW were installed in 2004; two of them in the South-Southeast and one in the Northeast zones of the country, which generated 6 GWh of electricity.

<sup>2</sup> Balance Nacional de Energía, [www.anes.org](http://www.anes.org), ANES 2005, México.

<sup>3</sup> [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx), SENER 2005, México.

<sup>4</sup> Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005, México.

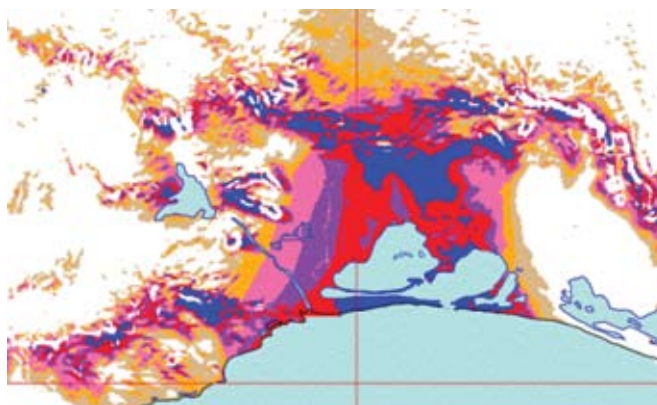
<sup>5</sup> [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx), SENER 2005, México.

<sup>6</sup> Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.

Graph 4  
Wind Energy Potential in Oaxaca

Wind Power Classification

Wind Power Class	Resource Potential	Wind Power Density at 50m (W/m <sup>2</sup> )	Wind Speed* at 50 m (m/s)
1	Poor	0-200	0-5.3
2	Marginal	200-300	5.3-6.1
3	Moderate	300-400	6.1-6.7
4	Good	400-500	6.7-7.3
5	Excellent	500-600	7.3-7.7
6		600-800	7.7-8.5
7		>800	>8.5



\*Wind speeds are based on a Weibull k value of 1.8

Source: Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2003.

**Potential:** NREL<sup>7</sup> studies as well as those obtained from several Mexican institutions (ANES, AMDEE, IEE), identified a potential superior to 40,000 MW. The regions with the largest potential are located in the Tehuantepec Isthmus, state of Oaxaca, and the Yucatan and Baja California peninsulas.

Wind conditions in the Tehuantepec Isthmus are among the best in the world. Certain regions in the state of Oaxaca register wind speeds over 8.5 m/s (measured at 50 m height), with a potential of 6,250 MW, while other zones have been found with velocities between 7.7 and 8.5 m/s, with a potential of 8,800 MW.

In Baja California, the best zones are located in the Rumorosa and San Pedro Mártir mountain ranges (274 MW). Yucatan (352 MW) and the Mayan Riviera (157 MW) have enough potential to substitute fuel oil and diesel generation plants, and turbo gas generators.

**Costs:** According to CFE, the investment needed is of 1,400 USD/kW, with a generation cost of 4.34 USD cents per kWh (¢USD/kWh)<sup>8</sup>. Costs are expected to be less than 3 USD cents per kWh by 2020<sup>9</sup>.

### Projects in development

In 2005 CFE began the construction of the first large-scale wind plant in Mexico (83 MW) in La Venta, Oaxaca. This plant will initiate operations in October 2006. In addition, SENER has planned the construction of an additional 505 MW of wind energy (in the modality of self-supply) in the same region over the next years. Approximately 588 MW are expected to be installed by 2014. Seven permits have been granted by the CRE for wind energy self-supply private projects that will provide over 950 MW to the National Electric System over the following years.

<sup>7</sup> Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL) 2003, United States of America.

<sup>8</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

<sup>9</sup> NREL Energy Analysis Office, [www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2020.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2020.ppt).

### 3.3 Hydropower

**Technology:** Mini hydraulic plants (< 5 MW) are classified, according to the head, in low load (head from 5 to 20m), medium load (head from 20 to 100m) and high load (head over 100m). In addition to the head, they are classified by the dam and the type of turbine they use.

**Status Quo:** Three mini hydraulic plants are currently in operation in the States of Veracruz and Jalisco with a joint installed capacity of 16 MW, which generate a total of 67 GWh/year. In addition, three hybrid plants (mini hydraulic-natural gas) are in operation in the States of Veracruz and Durango<sup>10</sup>.

**Potential:** In 2005, CONAE<sup>11</sup> assessed the national hydroelectric capacity totalling 53,000 MW. For plants with capacities lower than 10 MW, the potential is 3,250 MW. By the end of 2006, 142 additional MW are expected to be installed. The energy sector portfolio considers the addition of 1,528 MW capacity to six big hydroelectric plants totaling a generation of 1,079 GWh/a<sup>12</sup>.

**Costs:** Installation costs in Mexico were of an average of 1,600 USD per installed kW in 2004, with a generating cost of 11.50 USD cents per kWh generated<sup>13</sup>.

Chart 2  
Wind energy projects in the Energy Sector portfolio

Wind Farms	Capacity MW	Generation GWh/year
La Venta II	83	325
La Venta III	101	363
La Venta IV	101	363
La Venta V	101	350
La Venta VI	101	350
La Venta VII	101	350
<b>Total</b>	<b>588</b>	<b>2,101</b>

Source: Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

<sup>10</sup> [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx), CRE, México.

<sup>11</sup> [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx), CONAE, México.

<sup>12</sup> Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005, México.

<sup>13</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

### Projects in Operation and in Development

Comexhidro is an enterprise devoted to the energy use of existent agricultural dams. Its first project, las Trojes, is an 8 MW project inaugurated in the State of Colima in 2003. The minihydroelectric Chilatán, a 14 MW plant located in the State of Michoacán, began operations in 2005. The most important project of the enterprise, “El Gallo”, in the State of Guerrero, will have a 30 MW capacity, and has been under construction since 2004. The company has the first RE project in Latin America that obtained carbon bonds. In addition, it is using the new regulation on interconnection for intermittent sources of energy.

### 3.4 Bioenergy



**Technology:** It uses organic material as a source of energy for direct combustion or through their conversion to gaseous fuels such as biogas, or liquids such as bioethanol or biodiesel.

**Status Quo:** Bioenergy currently supplies 8% of Mexico’s primary energy consumption. The main sources of bioenergy used in the country are sugar cane bagasse (used for the generation of electricity and heat in the sugar cane industry) and wood (used mainly for heating and cooking). 92 Petajoules of sugar cane bagasse and 250 of wood were consumed in 2004<sup>14</sup>. Mexico produces 45 million liters of bioethanol annually<sup>15</sup>, which are currently not used as fuel but processed by the chemical industry. In 2005, the

<sup>14</sup> Sistema de Información Energética: [sie.energia.gob.mx/sie/bdiController](http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController), SENER 2005, México.

<sup>15</sup> Calatayud, Liliana y Jácome, Sergio, 2003, México.



Energy Regulatory Commission (CRE) authorized 19 MW to generate 120 GWh/year with biogas, 70 MW to generate 105 GWh/year with sugar cane bagasse and 224 MW to generate 391 GWh/year with hybrid systems (fuel oil-sugar cane bagasse).

**Potential:** The bioenergy potential in Mexico is estimated between 2,635 and 3,771 Petajoules per year. Nonetheless, its current use is 10 times less<sup>16</sup>. Of the estimated potential, 40% derives from wood fuels, 26% from agro-fuels and 0.6% from municipal by-products. Moreover, estimates show that 73 million tons of agricultural and forest waste have energetic potential, and that the use of the municipal solid waste, from the 10 main cities<sup>17</sup>, for electricity generation could lead to the installation of 803 MW and generate 4,507 MWh/year<sup>18</sup>. It is relevant to mention that Mexico has an important agricultural area, potentially apt for bioethanol and biodiesel production<sup>19</sup>.

**Costs:** To obtain ethanol from starch, the investment cost is estimated, at the international level, at 0.8 USD/l. To obtain ethanol from sugar rich resources, the investment cost is estimated at 0.40 USD/l. Biodiesel production from soy oil has a cost of 0.57 USD/l, and from sunflower oil the cost is 0.52 USD/l<sup>20</sup>.

## Project examples

The **Nuevo León Bioenergy Project S.A.** in Monterrey, is the first in the country that uses landfill biogas for electricity generation. This project has a capacity of 7 MW. The project was developed by a partial support from the GEF, through the World Bank. Regulatory and legal changes developing in Mexico will allow the replication of this project in other landfills throughout the country. The **Ministry of Social Development (SEDESOL)** offers support for this type of projects, from the landfill design-phase to the generation of electricity. At current times SEDESOL has a portfolio of 4 projects with studies of pre-investment, and cooperates in the development of other 6 projects.

**The Group Energéticos S.A., in cooperation with the Institute for Technology and Superior Studies of Monterrey (ITESM),** signed an agreement to produce biodiesel from animal fat waste from slaughterhouses. A plant was opened in Nuevo León in July 2005 with an investment of 1.5 million dollars (initial production capacity of 500 liters per month). In a first stage the biodiesel will be used as fuel for transportation for industrial trucks in Northern Mexico. The future vision is to trade the product in the City of Monterrey, since the plant has a production potential of 1 million liters per month.

<sup>16</sup> Libro Blanco de la Bioenergía en México, Red Mexicana de Bioenergía 2005, México.

<sup>17</sup> Ciudad de México, Guadalajara, Puebla, Nezahualcoytl, Tijuana, Ecatepec, Mérida, Acapulco, Ciudad Juárez, y Tlalnepantla.

<sup>18</sup> [www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp](http://www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp).

<sup>19</sup> Libro Blanco de la Bioenergía en México, Red Mexicana de Bioenergía 2005, México.

<sup>20</sup> Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.

### 3.5 Geothermal energy



**Technology:** High temperature resources ( $T > 200^{\circ}\text{C}$ ) can be used to generate electricity, low temperature resources ( $T < 200^{\circ}\text{C}$ ) for thermal uses.

**Status Quo:** Mexico stands third place worldwide in geothermal energy generation, with 960 installed MW, which generate more than 6,500 GWh/year.

**Potential:** CFE estimates that geothermal energy potential in Mexico would allow the installation of another 2,400 MW. Nevertheless, the feasibility of developing such capacity depends on the technology development. Projects in the feasibility stage are shown in Chart 3 below. These numbers do not show low enthalpy geothermal use through heat pumps.

Chart 3  
Geothermal projects in the feasibility stage in the Energy Sector portfolio

Plant	Capacity MW	Generation GWh/year
Cerro Prieto V, Baja California	100	813.2
Cerritos Colorados 1st phase, Jalisco	26.9	207.1
Cerritos Colorados 2nd Phase, Jalisco	26.9	414.1
Los Humeros II, Puebla	25	207.1
Los Humeros III, Puebla	55.0	207.1
<b>Total</b>	<b>220.0</b>	<b>1,656.3</b>

Source: Prospectivas del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005.

**Costs:** The investment cost for geothermal plants in Mexico are approximately 1,400 USD/kW, while the average generation cost is of 3.986 USD cents per kWh<sup>21</sup>.

### 3.6 Barriers to the development of renewable energies in Mexico

**Institutional:** Energy planning in Mexico is based on methodologies that only evaluate the short-term economic cost of energy generation. The lack of assessment regarding the benefits of renewable energies for the national economy, such as long term price stability, and risk reduction in energy supply together with the fact that Mexico has important fossil energy resources, explain why national energy policies and scenarios are and have been based on fossil fuels.

**Legal and Regulatory:** Constitutional and regulatory limitations exist within the private participation in the Energy Sector. For the specific case of electricity generation, the Public Electricity Service Act (Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, LSPEE for its acronym in Spanish) only allows private generation for specific cases (chapter 5, article 36, and article 72 of the Reglament) that can include electricity transmission, transformation and delivery to the respective beneficiaries (article 73 of the Reglament). These modalities allow private participation in the electricity generation and transmission, but mandate public electricity enterprises to acquire energy at the lowest available short term economic cost. Under this context, electricity generation from RE is more expensive compared to conventional energy sources. Therefore, appropriate mechanisms to foster RE generation and use, similar to those implemented in countries with a major RE contribution, are required. In order to achieve this, it is necessary to establish economic and fiscal incentives, as well as methodologies to assess the contribution of RE (particularly intermittent ones) to the National Electric System. In this sense, the Law Initiative for the Use of Renewable Sources of Energy (Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía, LAFRE), contains a range of instruments of this type, that if approved by the Senate, would contribute to RE development.

<sup>21</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

**Economic/Financial:** Given the fact that energy planning is based on the technological assessment of the lowest economic cost for generation in the short term, and that CFE is obligated by law to acquire electricity from third parties at such cost, it is necessary to establish economic and fiscal incentives, as well as other financial mechanisms that allow RE to be competitive against conventional sources of energy. Financing schemes in Mexico have not been sufficient to foster RE, therefore it is necessary to impel this type of mechanisms. The LAFRE Initiative has, among its more powerful instruments, the creation of a trust fund that would grant temporal incentives to projects that generate, through renewable energy sources, electricity for public service. It is also relevant to mention that SENER, GEF and the World Bank are jointly developing a scheme for the implementation of a Green Fund. This Fund would provide incentives to RE independent producers that deliver power to CFE for public service.

**Technical:** Even though important efforts have been undertaken to estimate Mexico's RE potential, such as the studies to assess CFE's geothermal resource, and the wind and solar maps developed by the IIE, State Governments, and International Organisms, these efforts are not country comprehensive in some cases, or do not quantify other resources such as tidal power, low enthalpy geothermal, biogas from urban and agricultural residues, and biomass from energetic plantations.



# Regulatory and legal framework Advances and Perspectives

The Public Electricity Service Act (LSPEE), that regulates electricity provision in Mexico, does not allow the free purchase and selling of electricity to private investors, but it allows energy generation for either self-supply or to complement productive processes through cogeneration, subject to a permit by the Energy Regulatory Commission (CRE). Private investors can also generate energy for CFE, in schemes such as external producer and small producer, as well as energy for export purposes. CRE has granted 348 electricity generation permits, from 1994 to 2005, out of which 317 are currently under operation.

## Recent advances in energy regulation in Mexico

- Approval of the initiative of Law for the Use of Renewable Sources of Energy by the House of Representatives of the Congress, in December, 2005.
- Modification of the Interconnection Contract Model for Self-Supply from Intermittent Sources of Energy, in order to incorporate a methodology to estimate and credit the capacity contribution of these sources of energy to the National Electric System.
- Development of a Mexican Official Norm Project aiming to protect the environment, over construction, operation and dismantling of a wind farm.

## 4.1 Initiative of Law for the Use of Renewable Sources of Energy (LAFRE)

In December 2005, the House of Representatives approved the initiative of Law for the Use of Renewable Sources of Energy (LAFRE), which establishes the creation of a Program for the Use of Renewable Energy Sources of Energy. A minimum percentage of 8% in renewable energy contribution to total energy generation is established as a goal for 2012. This goal does not include big hydroelectric plants. SENER will develop and coordinate the implementation of the Program for the Use of Renewable Energy Sources of Energy.

### Required additional capacity will be achieved through:

- Projects included in CFE's expansion plans, a part from which shall be small scale projects (< 30 MW).
- Small scale projects (< 30 MW) not included in the CFE's expansion plans.
- Self-supply projects with renewable sources of energy.
- Projects in isolated rural communities.

To achieve the goals established in the law initiative, it is deemed necessary to channel approximately 600 million pesos per year (equivalent to 55 million USD; at 2005 value) in order to grant incentives to foster public and private investment for the development and operation of RE electricity projects for public service, using competitive technologies. It is also necessary to provide additional resources (in the order of 400 million pesos per year approximately equivalent to 37 million USD) to promote other, less mature technologies, yet considered strategic for Mexico (electric and non electric applications), as well as to foster national research and technological development, as well as social development and economic growth in less advanced regions and population sectors.

The law establishes, among other things, that payments to private generators for the energy delivered to the National Electric System shall reflect the operation costs avoided by the suppliers through the operation of the generation projects. As well, the National Electric System shall accept electricity from renewable energy sources at any time it is produced.

With regards to the trust fund, it establishes that federal resources will be used in the following way over the first year of operation:

- 55% for the "Green Fund", to foster the use of RE mature technologies (electrical applications).
- 6% for the "Emergent Technologies Fund" (electrical applications).
- 10% for the "Rural Electrification Fund".
- 7% for the "Biofuels Fund".
- 7% for the "General RE Fund" (for non-electrical applications).
- 15% for the "Research and Technological Development Fund (FIDTER for its acronym in Spanish)".

Finally, it establishes that at least 20% of FIDTER resources will be granted to assess national RE potentials.

## 4.2 Interconnection contract for self-supply and other instruments

With the goal of promoting private energy project development under the modality of self-supply through intermittent renewable energy sources, CRE approved regulation instruments that consider the intermittent availability of the primary energy source. These instruments include wind, solar, and hydropower with storage or limited water availability. These instruments allow the self-supplier to feed the generated energy into the transmission grid for it to be consumed in the consumption centers when required.

In the past, the regulation for RE did not recognize the capacity that the electricity generation equipments provided during peak hours of the National Electric System. For this reason, the Energy Regulatory Commission (CRE) approved modifications to the model of the Contract for Interconnection applicable to renewable energy sources, in January 2005. These modifications determine the 'Self-Supplied Capacity' as the average of the mean capacities in the Interconnection Point, that have been presented in the 12 measurement intervals included within the hour of maximum demand for all the working days of the month we are considering. This Self-Supplied Capacity will allow the reduction in charges for billable demand in the consumption centers of the person requesting the permits.

It is also proposed that the exchange of electricity that is currently done using the Short Term Total Cost (CTCP for its acronym in Spanish) be done through variable electricity tariffs. This will allow greater transparency when determining the amount of energy that the holder of a permit exchanges with his partners.

## 4.3 Other initiatives

**Initiative to modify the Income Tax Law:** Proposes a fiscal incentive that promotes investment and use of RE in the residential sector, and consists in a fiscal credit of 30% to the investment in RE electricity generation equipment.

**Project of Special Law on Production and Services:** Proposes to establish a special tax of 0.5% to the electricity imports. The resources collected will be assigned to promote RE electricity generation.

**Initiative to modify the Federal Rights Law:** Intends that fossil fuels pay a right based on the Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) emitted during their combustion, penalizing their consumption under “the polluter pays principle”. For liquid fuels, it proposes rights of 0.52¢ to 0.97¢ peso per liter and a greater tax for solid fuels. For natural gas, it proposes rights of 19.7¢ of weight per thousand cubic feet. Income generated will be destined to the promotion of RE.

**Official Mexican Norms (NOM for its acronym in Spanish):** (1) NOM for the protection of the environment during the construction, exploitation and abandonment in the use of wind energy (approval phase). (2) NOM to determine the thermal performance and functionality of solar heaters (in force). (3) NOM for solar heaters, with the goal of setting up criteria for the use of solar energy in new establishments and remodeling in Mexico City, that require hot water for productive uses. This NOM establishes that at least 30% of the annual energy consumption needs to come from solar heating systems (in force).

**Development of Policies:** With support from the Inter-American Development Bank and GTZ (German Technical Cooperation) the Ministry of Energy will carry out feasibility studies for bioethanol and biodiesel in 2006. These studies will serve as a basis for the development of a Mexican policy on biofuels for transportation.

## Support from the German Technical Cooperation through GTZ

Since June 2005, the GTZ is implementing the project “Renewable Energy Promotion-PromovER”. The objective of this program is to contribute to the efficient promotion of renewable energy markets by the responsible institutions. To reach this goal, close collaboration with the main actors at the general level is taking place, and a thrust in large scale RE use through advice focused on the adjustment of legal and regulatory frameworks and project and market development is being sought. The component has been focused in the following four lines of action:

- Strategy and policy development—focused on biofuels in a first stage
- Advice in adjusting the legal and regulatory frameworks
- Project and market development—focused on solar heaters in a first stage
- South-South cooperation

Mexican entities participating are: Ministry of Energy (SENER) (main responsible counterpart), Regulatory Energy Commission (CRE), National Commission for Energy Saving (CONAE), Electrical Research Institute (IIE) and the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT).





# Instruments of economic and financial promotion Status Quo and Challenges

## 5.1 Investment funds

The Infrastructure Investment Fund (FINFRA, for its acronym in Spanish) of BANOBRAS was constituted to promote the participation of national and foreign private investors in infrastructure projects. The instruments provided are: risk and subordinated capital, participates as a minority partner within the projects, contributing up to 35% of the ordinary capital.

## 5.2 Funds with incentives for generation

Besides the LAFRE Trust Fund (chapter 4.1), there are funds from the Global Environmental Facility, the UNDP and World Bank, among others, for large scale electricity generation from RE (especially wind energy), as well as for research and technological development.

**Large Scale RE Project-PERGE** (for its acronym in Spanish): This project has a 70 million USD GEF grant through the World Bank. Its goal is to promote grid-connected RE in Mexico, thus contributing to avoid polluting emissions. The project will be carried out in two phases, the first phase of 25 million USD out of which 20 will be assigned to la Venta III, a 101 MW wind energy project and the remaining 5 will be for technical assistance activities. CFE will pay the avoided costs, and the incentive will be given to the producers through the Green Fund. In April 2005, SENER requested CFE to include five wind energy projects of 101 MW each in the expansion plan, considering economical stimuli that will receive the Green Fund of PERGE.

**Green Fund of PERGE:** Financial mechanism that will seek the progressive recognition of the real value of renewable energy for their contribution to the reduction of the risks in energy supply and energy price stability, for its contribution to the capacity of the National Electric System and for its potential to reduce regional and global environmental impacts. Resources will be assigned as performance incentives. Instead of capital subsidy, each project will receive a fixed incentive per unit of generated energy during five years.

### 5.3 Carbon bonds

As a signatory country to the United Nations Framework Convention on Climate Change Mexico doesn't have quantitative emission reduction commitments and can benefit from the Clean Development Mechanism (CDM) by selling Emission Reduction Certificates to Annex 1 countries. The approval of the projects developed in Mexico, from the perspective of the host country, is done by the Committee of Emissions Reduction and Greenhouse Gas Sequestration Projects (COMEGEI for its acronym in Spanish) that acts like the national designated authority to the United Nations Framework Convention on Climate Change, and is one of the working groups of the Intersecretarial Committee on Climate Change (CICC for its acronym in Spanish). COMEGEI approves projects by consensus among its member Ministries. To date, COMEGEI has issued approval letters for 24 projects that will avoid the emission of 5.8 million tons of CO<sub>2</sub> equivalent. Additionally, the Energy Sector is working, through the Climate Change Committee of the Energy Sector, on the development of a CDM project portfolio, that includes initiatives of the public and private sectors for RE.

### 5.4 Fiscal incentives

With the purpose of promoting investments in machinery and equipment for energy RE electricity generation, the Official Newspaper of the Federation published the modification to Article 40, Fraction XII of the Income Tax Law on December 1st, 2004. This law establishes that tax payers can depreciate 100% of the investment in a single exercise. The machinery and equipment that is acquired must be in operation for productive uses during a minimum period of five years.

## 6.1 Program for the Use of Renewable Energy Sources

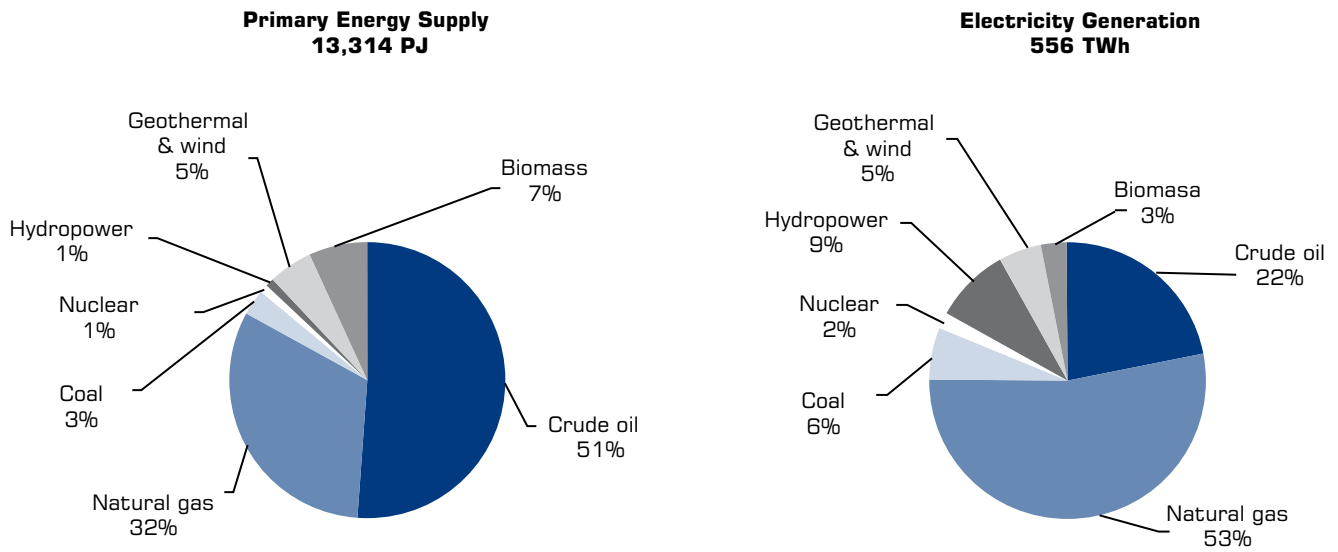
The Program for the use of renewable energy sources will establish specific objectives and goals, and define strategies and actions; it will include the updated inventory of renewable energy sources and will observe international commitments on the use of these sources and climate change. Even though the Law for the Use of Renewable Sources of Energy (LAFRE) is still being reviewed by the Senate, if approved, SENER has the obligation to present the Program for Presidential approval in a timeframe of nine months from the date of the law's publication.

## 6.2 Renewable Energy Outlook—A Vision for 2030 on the Use of Renewable Energies in Mexico

The first Mexican Renewable Energy Outlook developed at the request of SENER, anticipates as a basis scenario, that primary energy supply will be duplicated between 2002 and 2030. Natural gas will have an annual growth rate of 3.5%, the demand for oil by 2030 is estimated at 3.4 millions of barrels per day and, for RE, hydropower will grow 2.3% per year, biomass and waste 3.7% and other RE sources 4.1%. RE not used for electric generation will only reach 5% of the total portfolio. Biomass and waste will reduce their participation from 8% to 4% between 2002 and 2030 due to the fact that the main use of biomass in Mexico in 2004 is in the residential sector<sup>22</sup> (wood for cooking). Even though there will be a reduction in the total consumption of biomass, the advantage will be that wood will not be used as much as agricultural and urban residues. Biomass is expected to have a growth that will lead it to be as important as geothermal (36% and 38% of the total RE generation excluding hydropower) and double of the wind contribution (19%). Hydropower contribution to electricity will be duplicated between 2002 and 2030.

<sup>22</sup> Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.

Graph 5  
Prospective scenario by 2030



Source: CMM 2005, prepared with data from "Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México", UAM 2005, México.

The development of RE has had an important drive due to the reduction in the investment, operation and maintenance costs derived from technological improvements. Therefore, it is important to strengthen research and technological development at the national level.

There is an important RE research network in Mexico that includes institutions of the public and private sectors. Outstanding participation from the National Autonomous University of Mexico (UNAM for its acronym in Spanish) and the Electricity Research Institute (IIE for its acronym in Spanish) have promoted projects that seek to promote and support technological innovation in the electric sector, as well as with the suppliers and users, through applied research, technological development and specialized services. SENER establishes the policy guidelines for RE research. The Mexican Government collaborates through SENER, CONAE and IIE, with international energy entities, including the International Atomic Energy Agency (IAEA), the International Energy Agency (IEA), and the Latin American Energy Organization (OLADE for its acronym in Spanish). Institutions like CINVESTAV of the National Polytechnic Institute are developing RE research projects.

#### Technological Development Programs

SENER has participated in the development of the Action Plan to eliminate barriers for the development of wind energy generation in Mexico, financed with a GEF grant, through UNDP, and executed by IIE. In its first phase, it has a funding totaling 4.5 million USD for the development of a Regional Wind Research and Development Center (CERTE, for its acronym in Spanish) in Oaxaca, and 2 million USD to measure wind speed with the installation of anemometers in diverse locations of the country, as well as the execution of three wind energy projects, each of which will get financing of 20 million pesos.

IIE is developing technological maps. The technological wind energy map will be presented in March 2006 and its development was supported by the public, private and academic sectors. The map includes the current and prospective studies of wind energy, identification of opportunity areas and opportunities for local manufacturing of equipment, as well as required infrastructure.

With regards to biomass, efforts are being developed to evaluate the national potential with the Woodfuel Integrated Supply-Demand Overview Mapping (WISDOM) and the RE Geographic Information System (SIGER for its acronym in Spanish) of IIE that seeks to integrate dispersed information on bioenergy resources and manage it within a single geographical referenced system. Experimental projects on tidal energy have been developed through the Energy Pumping System through Waves (SIBEO for its acronym in Spanish). The project was developed in Oaxaca in 1995 and is still in operation.

# Renewable energies for social development

Electricity coverage in Mexico reaches 96% of its territory<sup>23</sup> (Graph 5) leaving approximately 5 million people without electricity. The majority of the unelectrified population is located in isolated areas where grid extension is not economically feasible. In order to provide energy to this sector, the World Bank, SENER and GEF jointly designed the Project named 'Integrated Energy Services for Small Rural Mexican Communities' (SIEPCRM, for its acronym in Spanish).

**IIE-CFE:** With their support, more than 60,000 photovoltaic systems have been installed in 20 states of the country with funding provided by the federal governments. There is also experience with solar-wind hybrid systems for community electrification in Baja California Sur.

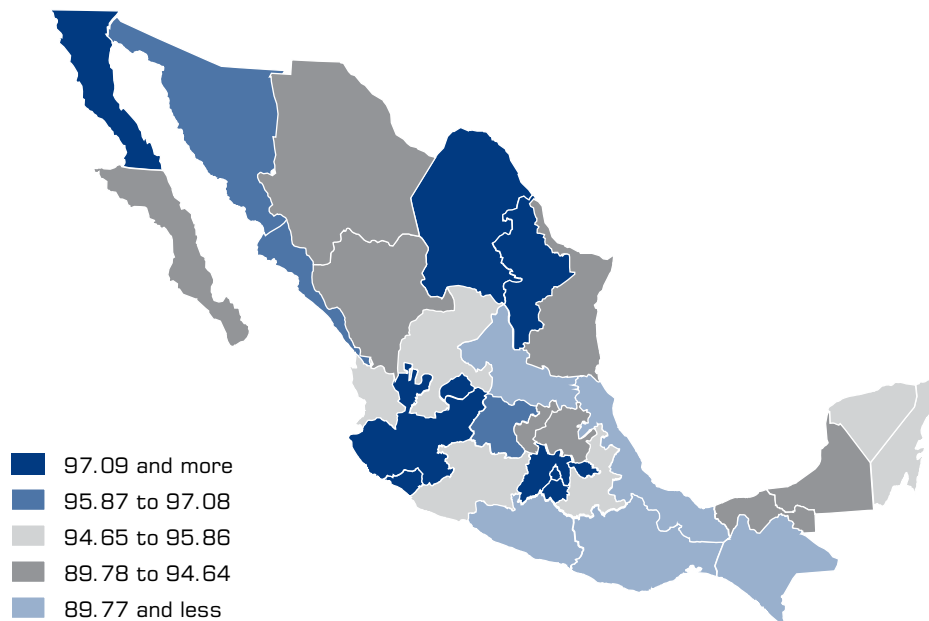
**FIRCO Programs:** The FIRCO has promoted rural electrification programs, through agreements until 2005:

- Collaboration agreement with Sandia National Laboratories of the US – Through this agreements, 195 systems were installed, supporting more than 3,500 producers.
- Donation agreement with the Global Environment Facility through the World Bank – With this agreements, SAGARPA promoted a donation for 32 million USD, from which the Federal Government provided 13.5, the producers 9.6 and GEF 8.9.

The programs supported consist in electricity generation through the insolation of solar panels that are used to pump water from wells. The results obtained with these programs include more than 1,000 systems installed.

<sup>23</sup> Censo de Población y Vivienda, INEGI 2005, México.

Graph 6  
National Electric System Coverage



Source: XI Censo general de Población y Vivienda, INEGI.

The SIEPRCM intends, within the next 5 years, to promote RE rural electrification projects in the states of Chiapas, Guerrero, Oaxaca and Veracruz, providing electricity to 50,000 homes. Sixty percent of the communities to be electrified are of indigenous population. This project will be carried out in close collaboration with the National Commission for the Development of Indigenous People (CDPI for its acronym in Spanish), under the framework of its Program in Support of Basic Infrastructure (PIBAI for its acronym in Spanish) in the 50 poorest municipalities of the country. They will use diverse technologies including photovoltaics, wind energy, micro-hydro plants, small biomass generators and hybrid RE-diesel systems.

The SIEPRCM will provide training for the development of energy related productive activities to the pilot populations. It will also provide local technical assistance for equipment maintenance and will aid in the integration of inter-institutional structures for the development of RE rural electrification projects, thus ensuring replication of the pilot project in surrounding communities.

The resources for its development will consist in a GEF grant of 15 million USD and a World Bank loan of 15 million USD that will leverage state and municipal investments totaling 60 million USD. Additionally, a co-investment of federal programs will be sought, such as the micro-regions of the Ministry of Social Development (SEDESOL) and PIBAI of CDI, as well as private investments of 10 million USD to maintain a total investment of 100 million USD over a period of 5 years.



# Conclusions: Opportunities and Challenges for Renewable Energies in Mexico

Mexico is in the process of significantly improving its regulatory and legal framework, in order to promote the development of RE based technologies and ensure that these obtain the corresponding economic retribution.

An important step has been the favorable dictum of the Law for the Use of Renewable Sources of Energy (LAFRE). Several methodologies derive from it that will permit the estimation of the economic advantages that are not yet valued in RE, such as the contribution to the diversification of primary energy sources (reducing the risks to energy supply and stabilizing energy prices in the medium and long terms). It also establishes criteria to calculate the capacity contribution, making RE more competitive against conventional energy sources.

The definition of financing schemes that will enhance RE based generation is also being developed. In this sense, the Trust that derives from LAFRE, when approved by the Senate, will offer a real alternative. The resources necessary for the Trust will come from three sources: budget that will need to be negotiated by SENER, the support instruments derived from the CDM's and other international aid, and the rights on CO<sub>2</sub> emissions or energy consumption. SENER will need to seek the approval of a Law Initiative that will modify the Federal Rights Law, taxing CO<sub>2</sub> emissions. This will create the necessary resources for the promotion and development of RE in the country.

There is international aid for specific projects, such as PERGE, a financial mechanism that seeks the progressive recognition of RE's real value, in terms of their potential to mitigate climate change, as well as the support by the German technical cooperation provided by GTZ.

With the new interconnection contract approved by the Energy Regulatory Commission (CRE), applicable tariffs are established and the capacity contribution of intermittent RE sources is recognized. The contracts also establish the energy exchange mechanisms with the Public Service grid.


It is necessary to resolve some issues related to the transmission of RE generated electricity and the required infrastructure, as is the case of the wind energy that will be generated in La Ventosa. To resolve this problem, SENER, CRE and CFE, in close contact with private developers, are developing financing proposals for the installation of new transmission lines that can include partial contribution from the private sector. It is important to note that electricity transmission is only authorized to private parties when it is associated with self-supply, which is a limiting factor.

Support to the development of technological maps is necessary. IIE developed a wind energy map with the goal of having a reliable evaluation of the national potential of each RE source. Once the LAFRE is approved, resources will be destined for this purpose since it establishes that 20% of the budget assigned to research and development must be committed to technological maps.

As long as no additional resources are made available, it is convenient to promote wind energy development in Oaxaca, concentrating efforts in consolidating projects that are already under development. It is also necessary to strengthen RE research groups that currently have limited resources, resulting in incipient technological development in new areas like liquid fuel production, biomass gasification or hydrogen production through the use of RE.

The goal set by LAFRE of 8% RE participation in the electricity generation is viable (international goals are over 10% with 12% in the European Union and special cases like Brazil and Canada have a goal of 25%) since the renewable energy resources are immense. However, there need to be more actions for their promotion and methodologies should be consolidated to value the economic, environmental and social advantages of RE that make them more competitive than conventional sources. The ultimate goal is to gradually reduce dependence to promote them by using economic incentives.

Finally, the objective of the package of incentives and modifications to the legal and regulatory framework is to set the stage for the development of new projects and to ensure their feasibility in order to increase the use of RE. Such actions are part of a National Strategy that will allow for progress in the fulfillment of the Mexican Government's commitments to ensure future generations a country with economic growth that takes into consideration long term social and environmental variables and fosters a transition towards a sustainable development.



*Anexos/  
Annexes*



## Bibliografía/ Bibliography

- Balance Nacional de Energía 2003, SENER 2004, México.
- Balance Nacional de Energía 2004, SENER 2005, México.
- Calatayud, Liliana y Jácome, Sergio: El CEVIM Suma Fuerzas para Diversificar la Industria Cañera, Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana, Enero-Abril 2003, México.
- Censo de Población y Vivienda, INEGI 2005, México.
- Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable, CRE 2001, México.
- El sector energía en México Análisis y prospectiva SENER 2000, México.
- Energía, Cámara de Diputados 2005, México.
- Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México, SENER 2002, México.
- Energy-policy Framework Conditions for Electricity Markets and Renewable Energies, GTZ 2004, Alemania.
- Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.
- Libro Blanco de la Bioenergía en México, Red Mexicana de Bioenergía, México 2005.
- Nuevas energías renovables: una alternativa energética sustentable para México (análisis y propuesta), Cámara de Senadores 2004, México.
- Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries, World Bank 2005, Estados Unidos de América.
- Programa de investigación y desarrollo tecnológico del sector energía 2002-2006, SENER 2002, México.

- Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico, CFE 2005, México.
- Programa Sectorial de Energía 2001-2006, SENER 2000, México.
- Prospectiva del Sector Eléctrico 2004-2013, SENER 2004, México.
- Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, SENER 2005, México.
- Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI Visión al 2030, SENER 2005, México.
- Quinto Informe de Labores CFE 2005, México.
- Seminario Energía Limpia y Financiamiento en Municipios, SENER 2005, México.
- Seminario México-Unión Europea para la promoción de tecnología en eficiencia energética y energía renovable, CRE 2005, México.
- Tercer Informe de Gobierno, SENER 2005, México.
- Una Visión al 2030 de la Utilización de las Energías Renovables en México, UAM 2005, México.
- Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2003, Estados Unidos de América.

## Sitios web/web sites

- [sie.energia.gob.mx/sie/bdiController](http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController)
- [www.anes.org/bioenergia/](http://www.anes.org/bioenergia/)
- [www.anes.org/](http://www.anes.org/)
- [www.cfe.gob.mx/](http://www.cfe.gob.mx/)
- [www.conae.gob.mx/](http://www.conae.gob.mx/)
- [www.cre.gob.mx/](http://www.cre.gob.mx/)
- [www.economia.gob.mx/](http://www.economia.gob.mx/)
- [www.energia.gob.mx/](http://www.energia.gob.mx/)
- [www.ine.gob.mx/](http://www.ine.gob.mx/)
- [www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2020.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2020.ppt)
- [www.re.sandia.gov/](http://www.re.sandia.gov/)
- [www.semarnat.gob.mx/](http://www.semarnat.gob.mx/)
- [www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp](http://www.wheelabratortechologies.com/WTI/CEP/nbroward.asp)

# Listado de contactos/ List of contacts

Las instituciones se presentan en orden alfabético.  
Institutions are presented in alphabetical order.

Institución/Institution	Persona/Person	Dirección, E-mail / Address, E-mail	Tel.
<b>AMDEE</b> Asociación Mexicana de Energía Eólica (Mexican Wind Energy Association)	<b>Ing. Eduardo Zenteno</b> Presidente	Año de Juárez 205 Col. Granjas San Antonio C.P. 0970 México, D.F. cgott@prodigy.net.mx	+52-55-56 86 73 03 +52-55-56 86 72 77
<b>AMEE</b> Asociación Mexicana para la Economía Energética (Mexican Association for the Energy Economy)	<b>Lic. Javier Estrada</b> Presidente	Paseo de la Reforma 195 -403 Col Cuauhtémoc C.P. 06500 México, D.F. javier.estrada@analiticaenergetica.com	+52-55-55 46 89 77
<b>AMEE</b> Asociación Mexicana de la Energía Eléctrica (Mexican Association of Electric Energy)	<b>Eduardo Andrade Iturribarria</b> Presidente	Sierra Mojada 626, Piso 4 Lomas de Chapultepec C.P. 11010 México, D.F. eandrade@techint.com.mx	+52-55-55 20 28 25
<b>ANES</b> Asociación Nacional de Energía Solar (National Solar Energy Association)	<b>Dr. David Morillón</b> Presidente	Edificio de Circulación Planta Alta, Circuito Exterior de C.U. C.P. 04510 México, D.F. damg@pumas.iigen.unam.mx	+52-55-56 22 52 00
<b>Comisión de Energía, Cámara de Diputados</b> (Energy Commission of the House of Representatives)	<b>Dip. Manuel Ovalle Araiza</b> Presidente de la Comisión	Av. Congreso de la Unión 66, Edificio "F" Piso 4 Col. El Parque C.P. 15969 México, D.F. manuel.ovalle@congreso.gob.mx	+52-55-55 22 52 01
<b>CFE</b> Comisión Federal de Electricidad (Federal Electricity Commission)	<b>Ing. Eugenio Laris</b> Alanís Director de Proyectos de Inversión Financiera	Paseo de la Reforma 164-14 Col. Juárez C.P. 06600 México D.F. egenio.laris@cfe.gob.mx	+52-55-57 05 07 73
	<b>Ing. Alberto Ramos</b> Elourdy Subdirector de Desarrollo de Proyectos	Piso 1 alberto.ramos01@cfe.gob.mx	+52-55-57 05 25 91
	<b>Ing. Florencio Aboytes</b> Subdirector de Programación	Piso 9 florencio.aboytes@cfe.gob.mx	+52-55-57 05 38 98
	<b>Ing. Gonzalo Arroyo Aguilera</b> Gerente de Proyectos de Sistemas Eléctricos	Piso 8 gonzalo.arroyo@cfe.gob.mx	+52-55-57 06 25 94
<b>CONAE</b> Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (National Energy Savings Commission)	<b>Ing. Carlos Domínguez Ahedo</b> Director General	Riód Lerma 302 Col. Cuauhtémoc C.P. 06500 México, D.F. cdominguezahedo@conae.gob.mx	+52-55-30 00 10 00 Ext. 1201
	<b>Dr. Gaudencio Ramos Niembro</b> Coordinador Técnico	gframos@conae.gob.mx	+52-55-30 00 10 00 Ext. 1340, 1234
<b>CRE</b> Comisión Reguladora de Energía (Energy Regulatory Commission)	<b>Ing. Francisco Salazar Díaz de Sollano</b> Presidente	Av. Horacio 1750, Piso 5 Col. Lomas Morales Polanco C.P. 11510 México, D.F. salazar@cre.gob.mx	+52-55-52 81 15 00
	<b>Dr. Alejandro Peraza García</b> Director General de Electricidad	Piso 2 aperaza@cre.gob.mx	+52-55-52 81 04 06
<b>FIRCO</b> Fideicomiso de Riesgo Compartido (Shared-Risk Trust Fund)	<b>MVZ Octavio Montufar Avilés</b> Gerente Especializado en Proyectos Pecuarios	San Luís Potosí 209 - 8º Col. Roma C.P. 06760 México, D.F. sistemas2.firco@sagarpa.gob.mx	+52-55-52 64 40 28
<b>Gobierno de Oaxaca</b> (Government of the State of Oaxaca)	<b>Lic. Armando Santiago Sánchez</b> Coordinador General de Proyectos Estratégicos	Pino Suárez 600 Centro Oaxaca, Oaxaca	+52-951-132 5818
	<b>Dr. Ernesto Conconi Ramos E.</b> Director de evaluación de Proyectos	econconi@gmail.com	+52-951-132 5818



<b>GTZ</b> Cooperación Técnica Alemana (German Technical Cooperation)	<b>Dr. Bernhard Bösl</b> Director General	Av. Insurgentes Sur 890, Piso 9 Col. Del Valle C.P. 03100 México, D.F. Bernhard.Boesl@gtz.de	+52-55-50 00 60 00 Ext. 1088
	<b>Lic. André Eckermann</b> Asesor	Andre.Eckermann@gtz.de	+52-55-50 00 60 00 Ext. 1088
<b>IIE</b> Instituto de Investigaciones Eléctricas (Electricity Research Institute)	<b>Dr. Jorge Huacuz Villmar</b> Gerente de Tecnologías no Convencionales	Av. Reforma 113 Palmira C.P. 62490 Cuernavaca, Moreloshuacuz@iie.org.mx	+52-777-362 38 06
	<b>Dr. Pablo Mulás del Pozo</b> Investigador	pmulas@correo.uam.mx	+52-777-318 38 11
<b>SEDESOL</b> Secretaría de Desarrollo Social (Ministry of Social Development)	<b>Ing. Gustavo Rosiles Castro</b> Director de Infraestructura Urbana Básica	Av. Paseo de la Reforma 35, Piso 4 Col. Juárez C.P. 06600 México, D.F. grosiles@sedesol.gob.mx	+52-55-53 28 50 00
<b>SEMARNAT</b> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministry of Environment and Natural Resources)	<b>Lic. Ramón Carlos Torres</b> Director General de Energía y Actividades Extractivas	Blvd. Adolfo Ruíz Cortinez 4209, Piso 5, Ala "A" Fracc. Jardines de la Montaña C.P. 14210 México, D.F. rctorres@semarnat.gob.mx	+52-55-56 28 06 00
	<b>Ing. Miguel Cervantes Sánchez</b> Director General Adjunto de Proyectos de Cambio Climático-Bonos de Carbono	migueltcervantes@semarnat.gob.mx	+52-55-54 90 09 87
<b>SENER</b> Secretaría de Energía (Ministry of Energy)	<b>Dr. Juan Mata Sandoval</b> Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente	Av. Insurgentes Sur 890, Piso 3 Col. Del Valle C.P. 03100 México, D.F. jmata@energia.gob.mx	+52-55-50 00 60 00 Ext. 1023
	<b>Dr. Jorge Wolpert Kuri</b> Coordinador del Programa de Electrificación Rural	Piso 3 jwolpert@energia.gob.mx	+52-55-50 00 60 00 Ext. 2267
	<b>Ing. Ubaldo Inclán Gallardo</b> Director de Desarrollo Sustentable y Cambio Climático	Piso 3 uinclan@energia.gob.mx	+52-55-50 00 60 00 Ext. 1427
<b>UNAM-CIE</b> Univesidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación en Energía (National Autonomous University of Mexico, Energy Research Center)	<b>Dr. Claudio Estrada</b> Director	Privada Xochicalco S/N Temixco C.P. 62580 Morelos, México cestrada@cie.unam.mx	+52-777-325 0052 Ext. 29729
	<b>Dr. Manuel Martínez</b> Investigador	mmf@cie.unam.mx	+52-777- 325 0052 Ext. 29744
<b>UNAM</b> Univesidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería (National Autonomous University of Mexico, Engineering Institute)	<b>Dr. Claudio Alatorre Frenk</b> Investigador	Romualdo Carnero 203-3 Col. Oviedo Mota C.P. 58060 Morelia, Michoacán 01 443 319 1125 caf@pumas.ii.unam.mx	+52-55-50 00 60 00 Ext. 2425
<b>USAID</b> Agencia para el Desarrollo Internacional (US Agency for International Development)	<b>Jorge Landa</b> Asesor de Energía	Paseo de la Reforma 305, Col. Cuauhtémoc C.P. 06500 México, D.F. jlanda@usaid.gov	+52-55-50 80 29 51 +52-55-50 80 29 54
	<b>Rubén Guizar</b> Asesor de Programas de Electrificación Rural	Av. Insurgentes Sur 890, Piso 12 Col. Del Valle C.P. 03100 México, D.F. rguizar@energia.gob.mx	+52-55-50 00 60 00 Ext. 1076



### **SENER–Secretaría de Energía**

Dirección General de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente  
Av. Insurgentes Sur 890, 3<sup>er</sup> piso  
Col. Del Valle 03100  
México, D.F.  
Tel. +52-55-5000 6000 ext. 1023  
Fax. +52-55-5000 6223  
E-mail: [jmata@energia.gob.mx](mailto:jmata@energia.gob.mx)  
Internet: [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)



### **GTZ–Cooperación Técnica Alemana**

Promoción de Energías Renovables  
Edificio SENER–Secretaría de Energía  
Av. Insurgentes Sur 890, 9<sup>o</sup> piso, Oficina 0902  
Col. Del Valle 03100  
México, D.F.  
Tel. +52-55-5000 6000 ext. 1088  
Fax. +52-55-5000 6000 ext. 2160  
E-mail: [bernhard.boesl@gtz.de](mailto:bernhard.boesl@gtz.de)  
[andre.eckermann@gtz.de](mailto:andre.eckermann@gtz.de)  
Internet: [www.gtz.de](http://www.gtz.de)

ISBN: 970-9983-07-5

Energías renovables para el desarrollo sustentable  
en México

Energías renovables para el desarrollo

Energías renovables para el desarrollo sustentable  
en México

Energías renovables para el desarrollo

Energías renovables para el desarrollo sustentable  
en México

Energías renovables para el desarrollo