

# CAPÍTULO 1

## La Energía Eólica.





## 1.1.-Cuestiones Relevantes.

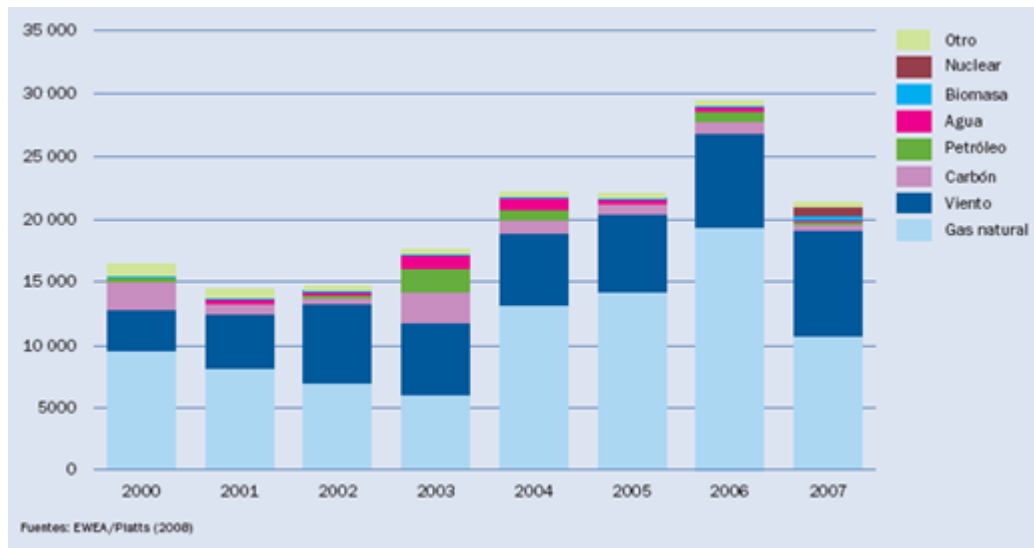
El tema del cambio climático y el calentamiento global es prioritario en nuestros días, se sabe que las fuentes energéticas fósiles, a pesar de las innovaciones tecnológicas, son altamente contaminantes y estarán agotadas en unos años. En el mundo, los líderes políticos tienen una profunda preocupación por encontrar soluciones energéticas viables para hacer frente a los retos relacionados con la subida de precios del petróleo, la reducción de las reservas de combustibles fósiles, la dependencia en el suministro energético y los posibles estragos del calentamiento global.

Tras las crisis energéticas y escaladas en el precio del petróleo que alcanzó máximos históricos a comienzos de 2008, han surgido iniciativas encaminadas a obtener una mayor diversificación en cuanto a fuentes de energía aprovechables a gran escala, a fin de obtener mayores garantías de aprovisionamiento. Este proceso se ha visto acelerado a la vista de los problemas medioambientales generados en la utilización de combustibles fósiles y ahora, más que nunca, se buscan soluciones a estas cuestiones, complejas y críticas.

En este contexto, las energías renovables se configuran como parte importante de la solución y es la energía eólica la que desempeña un papel de particular importancia, por ser la más barata, avanzada y técnicamente prometedora.

Las existencias de combustibles fósiles son limitadas y podrían agotarse en este siglo, mientras que la energía hidráulica reside en ubicaciones concretas y no en todas las zonas geográficas del planeta. En cuanto a la energía nuclear, su futuro parece depender del grado de desarrollo que pueda alcanzar la tecnología de fusión nuclear y, en gran medida, de la propia aceptación popular. A través de su contribución a una generación energética limpia y segura, la energía eólica garantiza que el incremento de electricidad se produzca sin recurrir a los combustibles fósiles, sin utilizar la preciada agua para la refrigeración y sin emitir gases de efecto invernadero o contaminantes atmosféricos peligrosos.

Aunque las fuentes más empleadas actualmente son los combustibles fósiles la energía hidráulica y la energía nuclear, la producción de energía eólica está en auge en el mundo y está presente en la combinación energética de más de 60 países, no sólo desarrollados sino también de países en desarrollo.



*Ilustración 1. Nueva capacidad energética en la Unión Europea.*

La energía eólica juega hoy en día un papel importante en los mercados de energía del mundo, el 39% de toda la nueva potencia instalada en 2009 fue de energía eólica, seguida por el gas (26%) y la energía solar fotovoltaica (16%). En conjunto, las tecnologías renovables representan el 61% de la nueva potencia instalada en 2009, a pesar de la crisis financiera y la recesión económica es testimonio del atractivo inherente de esta tecnología limpia, segura y rápida de instalar y porque se ha convertido en la energía elegida por un número cada vez mayor de países en todo el mundo.

Esta energía tiene el potencial de realizar reducciones drásticas en las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético y sabemos que estos pozos nunca se secarán. A pesar de que los precios de los aerogeneradores han aumentado desde 2005, nadie puede cortar la fuente o encarecer el costo del combustible y el viento puede proveer nuestras necesidades energéticas sin afectar el clima de la tierra. La tecnología de los aerogeneradores sigue mejorando, se despliegan tecnologías más grandes y eficientes, y se expanden las aplicaciones marítimas. El costo total de producir energía eólica a lo largo de los entre 20 y 25 años de vida útil de un aerogenerador puede ser predicho con gran precisión. Ni los precios del carbón, del petróleo o del gas en el futuro, afectarán al costo de la producción de energía eólica, esto probablemente es la ventaja competitiva más significativa de la energía eólica en el mercado energético mundial.

Asumiendo precios bajos del CO<sub>2</sub> y del combustible (equivalente a 50 \$/barril de petróleo) a lo largo del periodo, las inversiones en energía eólica a lo largo de los próximos 20 años evitarían 466 miles de millones de euros, en vez de 783 miles de millones de euros en costos de combustible y CO<sub>2</sub>. Con precios altos de CO<sub>2</sub> y combustible (equivalente a 120 \$/barril de petróleo), la energía eólica evitaría un costo en combustible y CO<sub>2</sub> de más de un billón de euros a lo largo de los treinta años que van de 2000 a 2030.

Totales (precio de combustible equivalente al petróleo a 90\$; el CO <sub>2</sub> a 10€)	2008-2010	2011-2020	2021-2030	2008-2020	2008-2030
Inversión	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Coste de CO <sub>2</sub> evitado	21 014	113 890	186 882	134 904	321 786
Coste de combustible evitado	51 165	277 296	455 017	328 462	783 479
Totales (precio de combustible equivalente al petróleo a 50\$; el CO <sub>2</sub> a 10€)	2008-2010	2011-2020	2021-2030	2008-2020	2008-2030
Inversión	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Coste de CO <sub>2</sub> evitado	8 406	45 556	74 753	53 962	128 714
Coste de combustible evitado	30 456	165 057	270 843	195 513	466 356
Totales (precio de combustible equivalente al petróleo a 120\$; el CO <sub>2</sub> a 40€)	2008-2010	2011-2020	2021-2030	2008-2020	2008-2030
Inversión	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Coste de CO <sub>2</sub> evitado	33 623	182 223	299 011	215 846	514 857
Coste de combustible evitado	67 002	363 126	595 856	430 128	1.025 984

Fuente: EWEA (2008)

*Tabla 1. Ahorros logrados (en miles de millones de euros) según el precio del combustible y del CO<sub>2</sub> (por toneladas).*

Existen varias ventajas competitivas de la energía eólica con respecto a otras opciones, como son:

- Se reduce la dependencia de combustibles fósiles.
- Los niveles de emisiones contaminantes, asociados al consumo de combustibles fósiles se reducen en forma proporcional a la generación con energía eólica.
- Las tecnologías de la energía eólica se encuentran desarrolladas para competir con otras fuentes energéticas.
- El tiempo de construcción es menor con respecto a otras opciones energéticas.
- Al ser plantas modulares, son convenientes cuando se requiere tiempo de respuesta de crecimiento rápido.

En ciertas zonas geográficas se pueden alcanzar factores de carga cercanos al 40-45% que pueden hacer a la energía eólica incluso más competitiva en costos de generación que alternativas de origen no renovable, pero a pesar de su prometedor desarrollo, hay una serie de limitantes asociadas:

- Falta de competitividad económica frente a fuentes de energía eléctrica no renovables: a pesar de haber reducido drásticamente los costos de generación en los últimos años, la energía eólica sigue siendo, bajo un rango moderado de precios del petróleo, menos económica que alternativas de origen fósil (carbón, petróleo o gas natural).

- Centros de generación dispersos. Por su naturaleza, la energía eólica se distribuye en zonas no necesariamente cercanas a la demanda. Esto provoca problemas para la planificación de la transmisión de la energía eléctrica.
- Desfase temporal con la construcción de la transmisión. Los parques eólicos tienen un periodo de construcción muy inferior al de las líneas de transmisión (1 año vs 5 años)
- Elevada variabilidad de la energía disponible. Los factores de carga de la energía eólica están en el rango del 20-40%. Esto supone un problema clave en el despacho de energía a los centros de consumo, ya que se tiene que contar con una capacidad de generación rápida de refuerzo en los momentos que no se cuente con el recurso eólico.
- Impactos medioambientales negativos. Pese a ser una energía renovable y no contaminante, la energía eólica ha encontrado una oposición de movimientos ecologistas por los potenciales impactos negativos sobre aves y murciélagos, así como sobre el paisaje, y por el ruido generado por las turbinas.

## 1.2.-La Energía Eólica en el Mundo.

La industria eólica en el mundo ha logrado avances significativos desde las primeras granjas de viento de los años ochenta, hasta los de última tecnología, sin embargo, la última década ha sido sumamente relevante. Este crecimiento tiene su explicación en la situación energética mundial y en la respuesta estratégica de gobiernos, empresas y comunidades. El desarrollo tecnológico y los éxitos de los pioneros han propiciado un efecto multiplicador.

A nivel mundial, la industria eólica instaló 20 000 MW en 2007, su mejor año, este desarrollo fue liderado por EE.UU., China y España alcanzando una capacidad instalada mundial de 94 122 MW. Esto supuso un crecimiento del 31 por ciento en comparación con el mercado de 2006, y representó un aumento general de la capacidad global instalada del 27%. Para 2008 los cinco países principales en términos de capacidad instalada son EE.UU. (25,1 GW), Alemania (23,9 GW), España (16,7 GW) e India (9,6 GW).

	2008	MW	%
EEUU	25 170		21%
Alemania	23 903		20%
España	16 754		14%
China	12 210		10%
India	9 645		8%
Resto del mundo	33 116		27%
Total	120 798		100%

Fuente: Global Wind Energy Council

**Tabla 2. Capacidad eólica instalada en el mundo hasta 2008.**

En términos de valor económico, el mercado eólico mundial en 2007 alcanzó los 25 mil millones de euros (37 mil millones de \$) en nuevos equipos generadores, y atrajo 34 mil millones de euros (50,2 mil millones de \$) en inversión total. La cuota de energía eólica ha alcanzado valores cercanos al 10% de la capacidad total instalada y más del 5% de la demanda de electricidad nacional de cinco mercados europeos, Alemania, España, Dinamarca, Portugal e Irlanda, sobrepasando el 10% tanto en España como en Dinamarca.

Lugar 2008	País	Capacidad Total Instalada fin 2008 MW	Capacidad añadida 2008 MW	Tasa de incremento 2008 %	Capacidad Total Instalada fin 2007 MW	Capacidad Total Instalada fin 2006 MW	Capacidad Total Instalada fin 2005 MW
1	Estados Unidos	25 170	8 351,2	49,7	16 818,8	11 603,3	9 149
4	China	12 210	6 298	106,5	5 912	2 599	1 266
6	Italia	3 736	1 009,9	37	2 726,1	2 123,4	1 718,3
7	Francia	3 404	949	38,7	2 455	1 567	757,2
8	Gran Bretaña	3 287,9	898,9	37,6	2 389	1 962,9	1 353
10	Portugal	2 862	732	34,4	2 130	1 716	1 022
14	Australia	1 494	676,7	82,9	817,3	817,3	579
15	Irlanda	1 244,7	439,7	54,6	805	746	495,2
19	Polonia	472	196	71	276	153	73
22	Bélgica	383,6	96,7	33,7	286,9	194,3	167,4
24	Brasil	338,5	91,5	37	247,1	236,9	28,6
25	Turquía	333,4	126,6	61,2	206,8	64,6	20,1
27	Corea del	278	85,9	44,7	192,1	176,3	119,1

Tabla 3. Crecimiento de algunos países en cuanto a Generación Eólica en el periodo de 2005-2008.

Europa sigue siendo el mercado líder para la energía eólica: sus nuevas instalaciones representan un 43% del total mundial y las empresas europeas proveyeron el 66 por ciento de la capacidad de energía eólica mundial en 2007. Por su parte, la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA) ha destacado que durante 2009 se instaló más potencia de energía eólica en la Unión Europea que de cualquier otra tecnología de generación eléctrica, con un total de 10 163 MW de nueva potencia, un incremento del 23% respecto al año 2008. Del total 9 581 MW son en tierra y 582 MW en el mar.

Lugar 2008	País	Capacidad Total Instalada fin 2008 MW	Capacidad añadida 2008 MW	Tasa de incremento 2008 %	Capacidad Total Instalada fin 2007 MW	Capacidad Total Instalada fin 2006 MW	Capacidad Total Instalada fin 2005 MW
	Sur						
28	Bulgaria	157,5	100,6	176,7	56,9	36,0	14,0
31	Hungría	127,0	62,0	95,4	65,0	60,9	17,5
36	Estonia	78,3	19,7	33,6	58,6	33,0	33,0
43	Sudáfrica	21,8	5,2	31,4	16,6	16,6	16,6
46	Uruguay	20,5	19,9	3308,3	0,6	0,2	0,2
60	Cuba	7,2	5,1	242,9	2,42,9	0,5	0,5
61	Ecuador	4,0	0,9	30,7	3,1	0,0	0,0
	76 países registrados						
	<b>Total Mundial</b>	<b>121 187,9</b>	<b>27,261</b>	<b>29,0</b>	<b>93 926,8</b>	<b>74 150,8</b>	<b>59 024,1</b>

Tabla 4. Crecimiento de algunos países en cuanto a Generación Eólica en el periodo de 2005-2008. (Continuación)

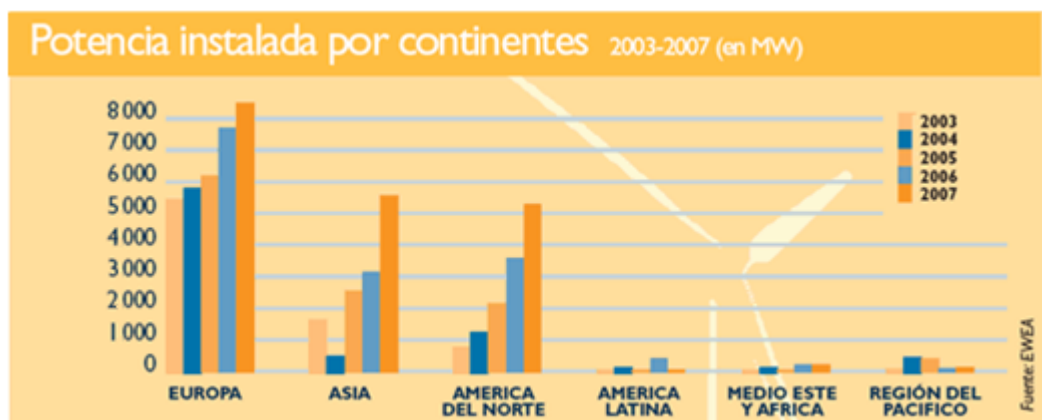


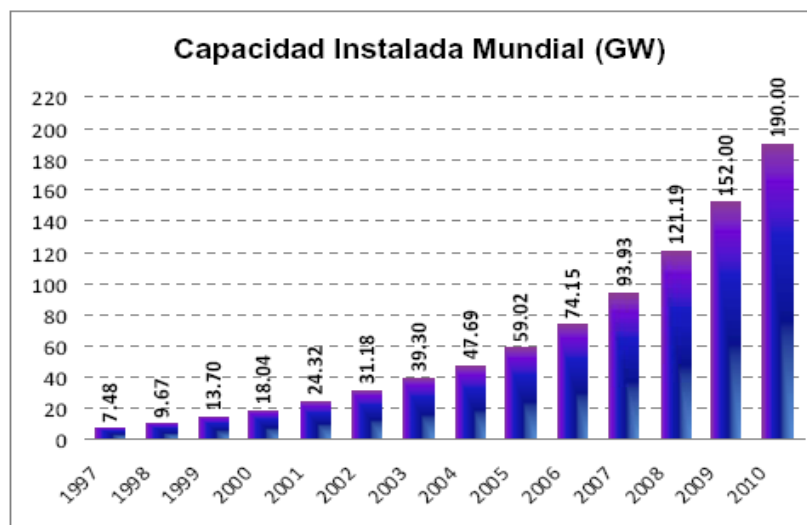
Ilustración 2. Potencia instalada de energía eólica por continente (MW). Periodo 2003-2007. Fuente: EWEA

Para 2009 la potencia total acumulada de energía eólica en la Unión Europea ascendía a 74 767 MW, frente a los 64 719 MW que había a finales de 2008, siendo Alemania el país de la UE con la mayor potencia instalada, seguido de España, Italia, Francia y Reino Unido. España es el país que más instalaciones eólicas tiene en Europa, según los datos ofrecidos por la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA), durante 2009 ha instalado un total de 10 163 MW de nueva potencia - un incremento del 23% respecto al año 2008.

Las nuevas estadísticas publicadas por el GWEC demuestran un importante incremento de 31% en 2009, añadiendo 37 500 MW al total de las instalaciones que suman 157 900 MW. Los países con mayor porcentaje de nueva potencia instalada en 2009 son España (24% - 2 459MW), seguido por Alemania (19% - 1 917MW), Italia (11% - 1 114MW), Francia (11% - 1 088MW) y Reino Unido (10% - 1 077MW). El mercado eólico mundial para las instalaciones de aerogeneradores en el 2009 asciende a unos 45 000 millones de euros o 63 000 millones de dólares. El Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC) calcula que alrededor de medio millón de personas trabajan hoy en la industria eólica en todo el mundo. Los mercados con importante crecimiento siguen siendo Asia, Norte América y Europa, cada uno de ellos han instalado más de 10 000 MW de nueva potencia en 2009.



El Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC) predice que el mercado eólico mundial crecerá en más del 155%, pasando de los 94 GW de 2007 a los 240,3 GW de capacidad total instalada en 2012 y se estima que para el año 2020 la capacidad global de generación a partir de la energía eólica podría alcanzar 1,5 millones de MW. En función del crecimiento de la demanda podría llegar a cubrir entre un 11,5 y un 12,7 por ciento del consumo eléctrico mundial en 2020 y hasta alcanzar entre el 20,2 y 24,9 por ciento, es decir, entre una quinta y una cuarta parte de las necesidades de electricidad mundiales en 2030. En particular, se espera que los mercados estadounidense y chino se expandan espectacularmente.



*Ilustración 3. Capacidad eólica instalada en el mundo hasta 2010*

En 2007 los Jefes de Estado de la UE adoptaron para 2020 un objetivo vinculante del 20% de la energía procedente de las energías renovables. Así, en enero de 2008, la Comisión Europea emitió un nuevo borrador legislativo sobre energías renovables, por el que se propone un marco europeo estable y flexible que aseguraría una expansión masiva de la energía eólica en Europa. Si dicha ayuda política positiva continúa, la EWEA (European Wind Energy Association) prevé que la energía eólica logrará en 2010 una capacidad instalada de 80.000 MW en la Europa de los 27. Esto representaría una contribución total al suministro energético del 5%. Hacia 2020, se espera que esta cifra aumente entre un 12 y un 14 por ciento, con la eólica suministrando energía a una media de 107 millones de hogares europeos.

En España la energía eólica es un sector que genera cada vez más electricidad a un costo cada vez más bajo, que consolida día a día una industria pionera, innovadora y líder mundial, que reduce la vulnerabilidad energética española, y que rebaja la contaminación provocada por el consumo de energía. Ahora mismo genera electricidad para el consumo

de diez millones de familias, el 25 por ciento de la población, y es una garantía de competitividad para las empresas al reducir la vulnerabilidad del sistema económico por las subidas de los precios de los hidrocarburos. Para ello ha sido necesaria una fuerte inversión de las empresas, que se acerca a los 22 000 millones de euros, equivalente al PIB de Honduras. Pero a su vez esta industria aportó al PIB 3.800 millones de euros en 2008; las exportaciones fueron de 2.900 millones, por encima incluso de un sector como el del vino (1 600 millones); además se evitó la importación de combustibles fósiles por 2 200 millones de euros y la emisión de 20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, el equivalente a haber plantado dos millones de árboles.

En 2009 España tuvo un incremento de 14,74 por ciento que es el segundo mayor en términos absolutos en la historia de la energía eólica gracias a la fortaleza del sector, este incremento es sólo superado por el registrado en 2007. Por comunidades autónomas, lideran Castilla y León con un total de 3 882,72 MW seguidas de Castilla-La Mancha con 3 699,61 MW, pero el mayor crecimiento se ha producido en Andalucía con 1 077,46 MW para sumar un total de 2 840,07 MW, que le confirman en el cuarto puesto del ranking por detrás de Galicia que es tercera con 3 231,81 (solo 91,05 MW instalados en 2009).

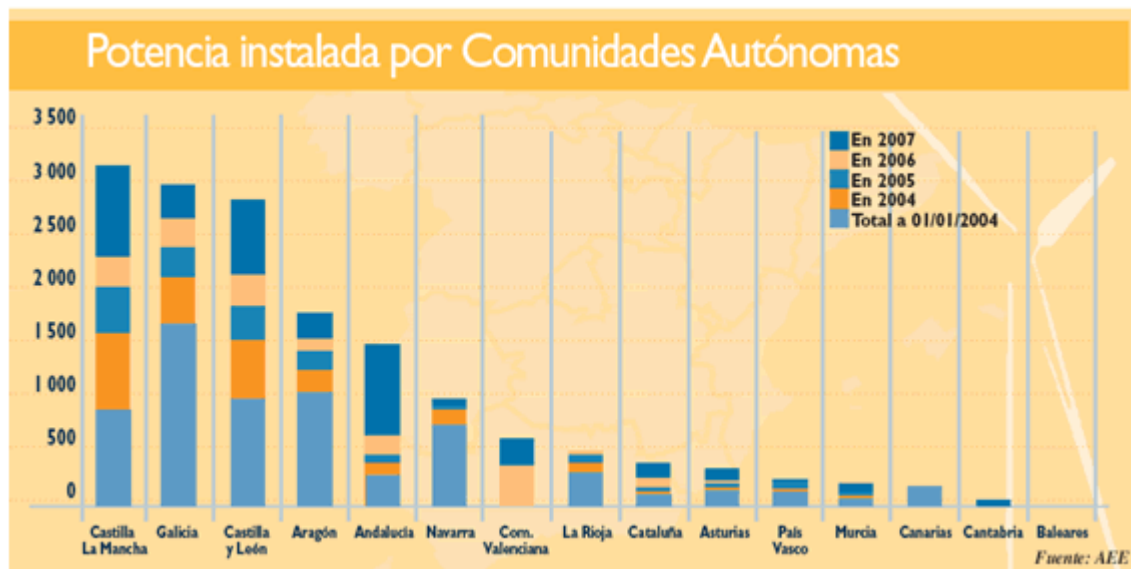


Ilustración 4. Potencia eólica instalada en España. 2004-2007 (en Mw)

En Dinamarca la energía eólica cubre actualmente más del 20 por ciento de la demanda eléctrica nacional, con la intención de llegar al menos al 35 por ciento antes de 2030. En Alemania están conectados a la red unos 19000 aerogeneradores, que con sus más de 21 000 MW cubren en torno del 6,5 por ciento de la demanda nacional.

China incorporó 3 449 MW de capacidad energética eólica en 2007, lo que representó un crecimiento de mercado del 156% con respecto a 2006 con más de 6 000 MW. En 2009 fue el mercado mundial de mayor incremento, casi duplicando su capacidad de generación de energía eólica, pasando de 12 000 MW en 2008 a 25 100 MW a finales de 2009, lo que supone una nueva potencia de 13 000 MW. Por su parte, India ha instalado una nueva potencia de 1 270 MW, que sumada a las pequeñas aportaciones de Japón, Corea del Sur y Taiwán hacen que Asia sea el mayor mercado regional de energía eólica en 2009 con más de 14 000 MW de nueva potencia.

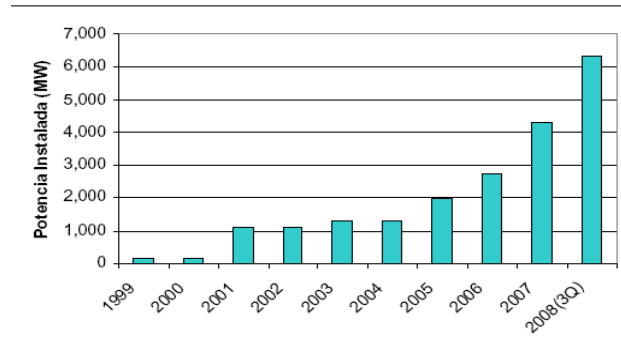
Estados Unidos, por su parte ha experimentado en la última década una aceleración en el desarrollo de la industria eólica. En 2007, su capacidad de generación de energía eólica creció un 45 por ciento, con un total de capacidad instalada de 16,8 GW y marcó un record de 5 244 MW instalados, más del doble que en 2006, lo que representó el 30% de la nueva capacidad de producción energética del país. Para 2008 se situó en el líder mundial en capacidad total instalada (25 170 MW), esta energía cubre un cuatro por ciento de la demanda de electricidad, los parques eólicos estadounidenses generan en torno a 48 mil millones de kW/h de electricidad, lo que representa más del 1 por ciento del suministro eléctrico estadounidense.

Gracias a la aplicación de la Ley de Recuperación en Estados Unidos, enfocada claramente al desarrollo de la energía eólica, ha instalado cerca de 10 000 MW en 2009, aumentando la potencia instalada del país en un 39% y sumando un total de potencia conectada a la red de 35 000 MW. Tres de los 50 estados: Dakota del Norte, Kansas, y Texas, disponen de bastante energía eólica aprovechable para satisfacer todas las necesidades nacionales de electricidad. El costo de la generación eólica de electricidad ha caído de 38¢ por kilowatt-hora a principio de los años 80 a los 4¢ - 6¢ actuales, ofreciendo una fuente casi sin fin de energía barata. En los últimos años Texas se ha situado como líder de la industria con casi un 30% de la potencia eólica instalada en EE.UU.

El 2009 fue un año de transición para EE.UU, la recesión mermó parcialmente el empuje de la industria, que en el 2008 supuso el 40% de la nueva energía generada en el país y lo puso por delante de Alemania en el 'top ten' mundial por potencia instalada. Obama se ha comprometido a duplicar la potencia generada por las renovables en tres años, pero la señal que la industria espera es la meta de 25% renovables en el 2025, lema del encuentro Windpower 2009 de Chicago, el mayor cónclave mundial de energía eólica celebrado hasta la fecha.

El caso más exitoso en EE.UU. ha sido el del estado de Texas que se ha situado como líder de la industria con casi un 30% de la potencia eólica instalada en el país, 6 000 MW, instalados desde su adopción en 1999 y contempla la instalación de 10 000 MW para

el 2025. Una de las claves del éxito en Texas ha sido el establecimiento de elevadas multas por no cumplimiento de los objetivos. En Texas está precisamente el mayor parque eólico del mundo, Horse Hollow, capaz de producir 736 MW de potencia. Iowa, con 2 790 MW, se ha colocado por delante de California con 2 206 MW instalados, suficiente para abastecer a ocho millones de hogares. Pese al tremendo impulso dado en los últimos años por Texas, Iowa o Minnesota, el viento no llega aún a 16 estados norteamericanos.



*Ilustración 5. Capacidad Eólica instalada en Texas 1999-2008 Fuente: AWEA. Wind Energy Database*

Los factores clave del crecimiento de la energía eólica en EE.UU. se pueden clasificar en factores asociados a:

- El mercado eléctrico. En la última década ha habido un incremento sostenido del costo de generación alternativo, quintuplicándose el precio del gas natural desde el año 1998. Por otro lado, el desarrollo de turbinas eólicas más grandes y eficientes ha permitido una disminución considerable del costo de generación de la energía eólica. Estos dos factores han hecho que en varios estados la energía eólica sea una de las opciones de generación más competitiva.
- Políticas, Regulaciones e Incentivos públicos. Además de haberse acercado sustancialmente el costo de generación eólica a otras tecnologías alternativas, ciertas medidas de promoción públicas han tenido un impacto sustancial en el desarrollo de la energía eólica en EE.UU. Éstas se pueden clasificar en federales y estatales y entre ellas destacan el Crédito Fiscal Federal a la Producción de Energía Renovable y las Metas de Producción de Energía Renovable a nivel estatal.

Uno de cada tres megawatts instalados en EEUU es de tecnología española con 16 740 MW instalados en el 2008, manteniendo así su posición en el podio europeo, justo después de Alemania. En términos comparativos, la UE mantiene su primado con 64 949 MW, pero el epicentro de la revolución eólica se trasladará muy pronto a China, que está duplicando anualmente su producción y próximamente arrebatará el tercer lugar a España.

En resumen, estos países han alcanzado una muy importante capacidad instalada de generación eléctrica basada en fuentes alternas, gracias a reformas legales, estímulos fiscales, apoyos gubernamentales, regulaciones favorables, subsidios, normativas internacionales y legislación. En el transcurso, esos países se han convertido, además, en generadores de tecnologías cada vez más acordes a la conservación del medio ambiente que entran en franca competencia con los combustibles fósiles, en un marco de preocupación global que ha favorecido la aparición de mercados de bonos de carbono al amparo de los acuerdos y obligaciones derivados del Protocolo de Kioto.

### **1.3.-La Energía Eólica en México**

México es un país que, pese a ser integrante de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), organismo que reúne a las principales potencias económicas a nivel mundial, tiene un nivel de rezago considerable en el campo del aprovechamiento de las fuentes alternas de energía. Su balance energético deja en claro que este tipo de fuentes ocupan un lugar marginal en la capacidad de generación pues, si se excluye la fuente hidroeléctrica de gran escala, la capacidad instalada sólo representa el 2.05% (equivalente a 1 050 MW) del total registrado de 51 105 MW (datos de 2008).

Cuando nos remitimos a la energía eólica como fuente de generación de electricidad, la cifra se minimiza debido a que durante casi diez años se mantuvo una capacidad instalada de 2 MW y no fue sino hasta el año 2007 cuando se comenzó a ampliar esta capacidad a 85 MW, debido fundamentalmente a los proyectos de La Venta en Oaxaca. Actualmente, debido a la participación privada, se cuenta con una capacidad instalada de 518 MW.

El desarrollo de la tecnología de conversión de energía eólica a electricidad, se inició en México con un programa de aprovechamiento de la energía eólica en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en febrero de 1977, cuando la Comisión Federal de Electricidad, cedió al IIE la Estación Experimental Eoloeléctrica de El Gavillero, en las cercanías de Huichapan, Hidalgo, donde se pretendía energetizar el ejido ya electrificado y con servicio, a partir de una microcentral eólica, integrada por dos aerogeneradores australianos. La Estación estuvo en operación hasta 1996 en que fue desmantelada.

El primer estudio de calidad del viento se realizó por parte del IIE en la zona del Istmo de Tehuantepec a mediados de la década de los setenta, con el patrocinio de la CFE. Sin embargo, casi 20 años después comenzaron a surgir proyectos pequeños y algunos de tipo experimental, aún antes de que la CFE instalara la primera central eólica en La Ventosa, Oaxaca.

En 1991, el IIE fue contratado por la CFE para realizar un estudio de factibilidad sobre la instalación, en el Cerro de la Virgen, Zacatecas, de una planta eoloeléctrica con capacidad de 2 MW para alimentar el sistema de alumbrado público del municipio del mismo nombre, incluyendo 25 turbinas de 80 kW cada una. Por problemas burocráticos, el proyecto no se pudo materializar pese al potencial del recurso en el sitio.

También en 1991, el IIE comenzó a realizar mediciones de viento en distintos poblados de la zona de La Ventosa en Oaxaca, como parte del proyecto Generación de Electricidad con sistemas Eólicos para bombeo de agua en el Istmo de Tehuantepec. A partir de los resultados obtenidos se desarrolló en 1993 un proyecto eólico para aplicaciones productivas relacionadas con la conservación de pescado en Rancho Salinas, constaba de dos aerogeneradores de 5 kW cada uno, pero por problemas en el diseño el proyecto fracasó.

En 1992 se instaló el sistema híbrido comunitario, quizá el más importante del que se tenga noticia en México, ubicado en la comunidad pesquera de X-Calak, Quintana Roo. Se mantuvo seis años operando y estaba integrado por un conjunto de seis turbinas eólicas de una capacidad nominal de 10 kW cada una, complementadas por un arreglo de paneles fotovoltaicos equivalentes a 11,2 kW, para dar una capacidad total de 71,2 kW, sin embargo, básicamente por actitudes de algunos miembros de la comunidad, el sistema solamente operó hasta 1999, pese a que estuvo monitoreado por especialistas de los Laboratorios Nacionales Sandia (SNL, por sus siglas en inglés) y por NREL, ambas instituciones estadounidenses de reconocido prestigio en la materia.

En 1993 se instalaron dos aerogeneradores en Isla Arenas, Campeche con el objeto de servir como fuentes de energía para impulsar un sistema de bombeo y desalación de agua. El proyecto se malogró debido a problemas con el aforo del pozo.

En 1994 se puso en operación la primera central eólica del país conectada a la red eléctrica de CFE, en La Venta, Oaxaca, con una capacidad de 1 575 kW, constituida por 7 aerogeneradores Vestas (Daneses) de 225 kW cada uno.

En el Estado de Hidalgo en 1995, el IIE montó dos aerogeneradores en la estación Eolo-energética El Gavillero, con una capacidad de generación de 2 kW para vientos de 5 m/s que abastecían de energía eléctrica a la comunidad de María Magdalena.

Entre 1993 y 1995 se desarrolló un proyecto eólico para alimentar un sistema de bombeo en el ejido Santo Domingo, en el Estado de Oaxaca, pero debido al desconocimiento de la velocidad real de las rachas de viento, las aspas no resistieron.

En 1996 se instaló con apoyo de FIRCO un sistema eólico para bombeo en el Rancho Minerva, municipio de Juchitán, Oaxaca, a través de una turbina de 1.5 KW. Dicho sistema fue impactado en dos ocasiones por un rayo, inutilizando sus instalaciones. En ese mismo año, se instaló un sistema híbrido de generación en base eólica-diesel en el Hotel ecoturístico Costa de Cocos, Quintana Roo, con el apoyo de Laboratorios Nacionales Sandia (SNL), bajo su programa mexicano de energías renovables. La capacidad del sistema fue de 7.5 kW a una altura de 24 metros.

En 1997 se instaló un sistema híbrido eólico-solar-diesel en Puerto Alcatraz, Isla Santa Margarita, Baja California Sur, con una capacidad total de 62.3 kW, de los cuales están operando dos turbinas de 5 kW cada una, complementadas con un generador diesel de 50 kW y un conjunto fotovoltaico de 2.3 kW para atender a una población de 200 personas aproximadamente.

En 1998 entró en operación la central eólica de Guerrero Negro, operada por la CFE en Baja California Sur, con una capacidad de 600 kW que provee un solo aerogenerador que cuenta con una torre de 50 metros. En 1999 se instaló una planta híbrido eólico-solar-diesel en San Juanico, Baja California Sur, con una capacidad total de 187 kW, de los cuales 100 kW son proveídos por 10 generadores eólicos con una capacidad de 10 kW cada uno.

Año	Proyecto	Capacidad Instalada (kW)
1992	X-calack, Quintana Roo	60.0
1993	Rancho Salinas, Oaxaca	10.0
1993	Isla Arenas, Campeche	3.0
1994	Central Eólica La Venta I, Oaxaca	1,575.0
1995	El Gavillero, Hidalgo	2.0
1993-95	Ejido Santo Domingo, Oaxaca	n.d.
1996	Rancho Minerva, Oaxaca	1.5
1996	Costa de Cocos, Quintana Roo	7.5
1997	Puerto Alcatraz, Isla Santa Margarita, B.C.S.	10.0
1998	Central Eólica Guerrero Negro, B.C.S.	600.0
1999	San Juanico, B.C.S.	100.0
2007	Central Eólica La Venta II	85,000.0

*Ilustración 6. Sinopsis de la cronología de los principales proyectos eólicos en México hasta 2007*

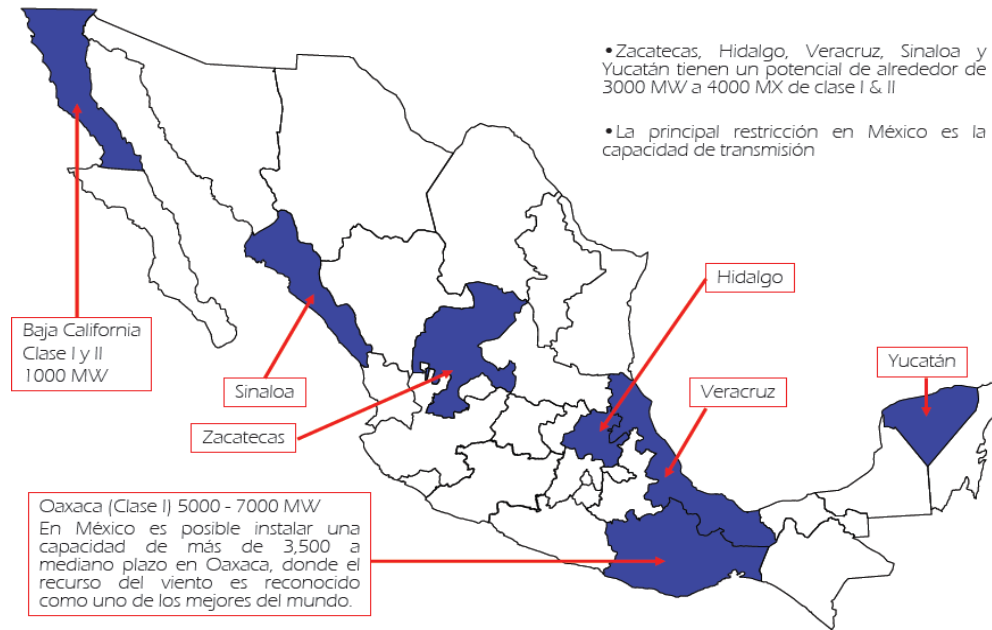
En 2002 PEMEX incorporó a su red de plataformas marinas sistemas híbridos integrados por módulos fotovoltaicos y aerogeneradores, resaltando el caso de Akal-I, donde se instaló un generador eólico de 400 Watts, tipo grado marino de la Southwest Windpower. En 2007 CFE puso en operación la Central Eólica La Venta II, en Oaxaca, que es la primera central de gran escala en México y tiene una capacidad instalada de generación de 85 MW.

Como parte del Programa de Energías Renovables a gran escala (PERGE), la Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico de la SENER solicitó a CFE incluir en el plan de expansión de la generación cinco proyectos eoloeléctricos de 101,4 MW cada uno: La Venta III y Oaxaca I, II, III y IV con una capacidad total de 507 MW durante 2007-2010, ubicados en el Istmo de Tehuantepec en la región de La Ventosa. La Venta III y Oaxaca I conforman el Parque Eólico del Bicentenario que están programados para entrar en operación hacia finales de este 2010.

La construcción del parque eólico La Venta III con una potencia de generación prevista de 103 MW, se adjudicó a la empresa Iberdrola bajo el esquema de productor independiente de energía. Ahí se instalan 121 aerogeneradores de 850 kW de potencia y 44 metros de altura cada uno. El parque estará en operación en noviembre de 2010. Para este tipo de proyectos en los estudios de expansión de largo plazo se consideraron incentivos económicos de fondo verde que administra la SENER así como beneficios por venta de bonos de carbón.

En 2009 se falló la licitación a favor de una empresa norteamericana para instalar la central eoloeléctrica financiada con recursos públicos provenientes del Gobierno del Estado de Baja California en la zona de La Rumorosa, la capacidad de dicha central es de 10 MW. En esa zona hay numerosos sistemas de monitoreo y medición eólica para determinar factibilidades de instalar sistemas de generación, por parte de empresas principalmente de capital español, con miras a suministrar electricidad al creciente mercado californiano donde se ha establecido la meta para el año 2020 de que el 20% de la energía eléctrica que se consuma, por parte de las instituciones y organismos públicos, deberá provenir de fuentes renovables.





*Ilustración 7. Distribución Geográfica del Potencial de Energía Eólica en México. Fuente: MADE*

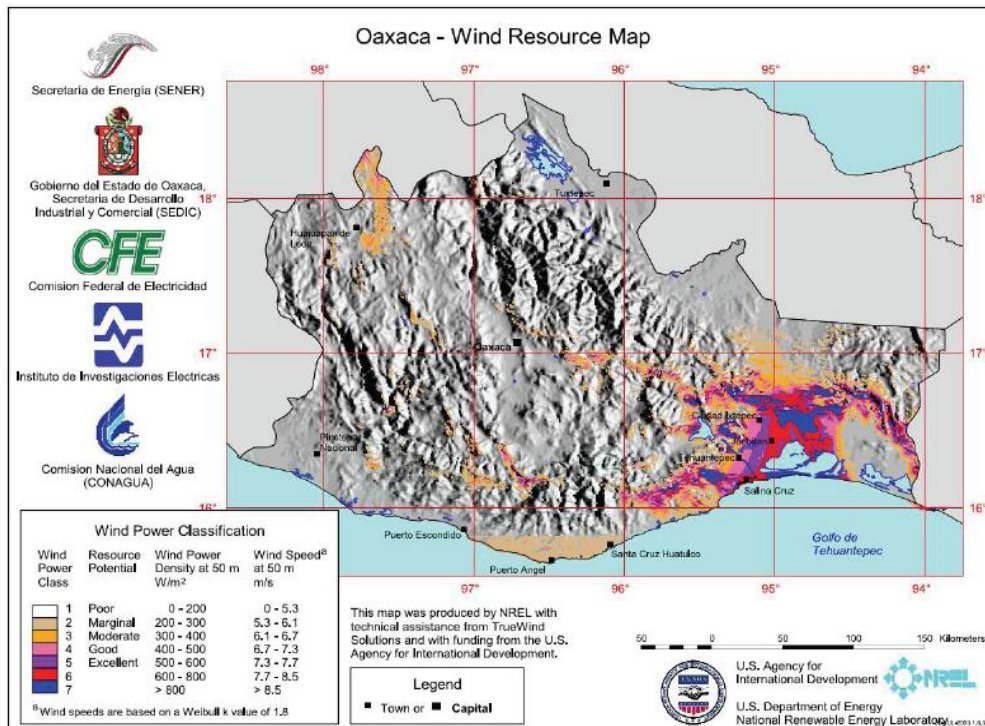
### 1.3.1.-El potencial eólico en Oaxaca

El mayor potencial de energía eólica en nuestro país está concentrado en el estado de Oaxaca, en el llamado corredor eólico del Istmo de Tehuantepec. Las estimaciones iniciales muestran un potencial de elevada calidad, con más de 10 000 MW de clase I.

Oaxaca cuenta prácticamente con la totalidad de la potencia eólica instalada en México, con 418 MW en operación, así como el mayor potencial de desarrollo. Los proyectos actualmente instalados en Oaxaca se basan principalmente en la modalidad de autoabastecimiento. La viabilidad de los proyectos está directamente relacionada con las tarifas oficiales de energía eléctrica, los costos de inversión y costos de porteo asociados al transporte de la energía desde el punto de interconexión hasta los puntos de carga.

Una de las mayores limitaciones al desarrollo de la energía eólica en Oaxaca ha sido la capacidad limitada de la red de transmisión eléctrica. A tal efecto, la SENER solicitó a la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en el año 2006 iniciar un proceso de Temporada Abierta (TA) para establecer las necesidades de infraestructura de transmisión y establecer compromisos en firme que las empresas privadas interesadas y la CFE deban de asumir para la incorporación de la nueva capacidad a la red del servicio público de energía eléctrica. Finalmente se acordó que la nueva infraestructura de transmisión se

realizaría como un proyecto de Obra Pública Financiada (OPF), bajo el esquema de PIDIREGAS donde las empresas interesadas deberían entregar cartas de crédito, así como su parte a la cuota de la inversión.



**Ilustración 8. Mapa de recursos eólicos en Oaxaca.**

Para ello, dichas empresas tenían que celebrar con la CFE un convenio mediante el cual se comprometían a abonar un monto de hasta USD 108 miles de dólares, multiplicado por la capacidad de generación por instalar. La condición establecida fue que se construyeran las obras de refuerzo necesarias. Estos proyectos, se conectarían a la SE Juchitán II en 230kV.

Dentro de las empresas interesadas, aquellas que ya contaran con el permiso de generación y el contrato de interconexión, podrían utilizar las líneas existentes de la CFE hasta por la capacidad establecida en dicho contrato. A los proyectos eólicos con esta condición se les denominaron Proyectos Inmediatos (PI) y se conectarían a la SE Juchitán II en 115kV.

Como resultado del proceso de TA hubo siete empresas que reservaron 1 491 MW de capacidad de la nueva línea de transmisión. Adicionalmente, en el programa de generación de la CFE se incluyen 406 MW de capacidad de generación eólica en el Istmo de Tehuantepec, correspondiente a los proyectos Oaxaca I, II, III y IV. Éstos utilizarán la red de TA, por lo que la CFE participará en el financiamiento del proyecto de TA. Para dar salida a estos 1 897 MW, se construirá una línea de transmisión de 400kV y una nueva subestación donde se conectarán todos los proyectos participantes.

Proyecto	Modalidad	Capacidad bruta instalada (MW)							Total
		1997	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
<b>Total Anual</b>		<b>2</b>	<b>86</b>	<b>330</b>	<b>369</b>	<b>1,077</b>	<b>616</b>	<b>101</b>	<b>2,581</b>
CFE		2	86	0	203	101	101	101	594
Autoabastecimiento		0	0	330	166	976	515	0	1,987
<b>CFE - En operación</b>									
La Venta	RP	2							
La Venta II	OPF		86						
<b>Subtotal</b>		<b>2</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>87</b>
<b>CFE - En licitación</b>									
La Venta III	PIE				101				
<b>Subtotal</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>101</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>101</b>
<b>Nueva Temporada Abierta</b>									
Eurus	AA			250					
Parques ecológicos de México	AA			80					
<b>Subtotal</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>330</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>330</b>
<b>Proyectos Inmediatos</b>									
BII Nee Stipa Energía Eólica	AA				26				
Eoliatec del Istmo (1ra Etapa)	AA				22				
Eléctrica del Valle de México	AA				68				
Fuerza Eólica del Istmo (1ra Etapa)	AA				50				
<b>Subtotal</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>166</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>166</b>
<b>Temporada Abierta</b>									
Oaxaca I, II, III, IV (CFE)	PIE				101	101	101	101	406
Eoliatec del Istmo (2a Etapa)	AA					142			
Eoliatec del Pacífico	AA					160			
Fuerza Eólica del Istmo (2a Etapa)	AA					50			
Preneal México	AA					396			
Unión Fenosa Generación México	AA					228			
Gamesa Energía	AA						288		
Desarrollos Eólicos Mexicanos	AA						227		
<b>Subtotal</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>101</b>	<b>1,077</b>	<b>616</b>	<b>101</b>	<b>1,897</b>

RP: Recursos Propios, OPF: Obra Pública Financiada, PIE: Productor Independiente de Energía, AA: Autoabastecimiento

*Tabla 5. Proyectos Eólicos en el estado de Oaxaca.*

De este modo, en Oaxaca se prevé un total de 2 581 MW para el año 2012, desagregados en 594 MW de la CFE y 1 987 MW bajo la modalidad de autoabastecimiento.

Como parte de un programa denominado Nueva Temporada Abierta y debido a los avances en los proyectos de algunas empresas registradas en TA, la SENER promovió utilizar la red existente en dos proyectos de autoabastecimiento : Eurus y Parques Ecológicos de México. El BID facilitará un préstamo de hasta US\$30 millones provenientes del Fondo de Tecnología Limpia del Fondo de Inversión Climática (CIF, según sus siglas en inglés) para el proyecto Eurus de 250,5 MW, cuyo costo total será de cerca de US\$600 millones que está siendo desarrollando por Acciona Energía México (AEM), una subsidiaria de propiedad absoluta de Acciona Energía SA de España. Este es, de lejos, el complejo de energía eólica más grande que se haya construido en América Latina y el Caribe. Se anticipa que fondos adicionales de financiamiento a largo plazo para el proyecto sean aprobados por otras instituciones financieras multilaterales, instituciones financieras de desarrollo y bancos comerciales.

Cemex de México, un productor mundial de cemento y concreto, es un socio del proyecto de Eurus y comprará toda su electricidad en virtud de un acuerdo de compra y

autosuministro de energía de 20 años. Cemex espera que Eurus y otros proyectos de autoabastecimiento le permitan satisfacer un porcentaje significativo de las necesidades energéticas de sus operaciones en México.

### **Problemática en Oaxaca.**

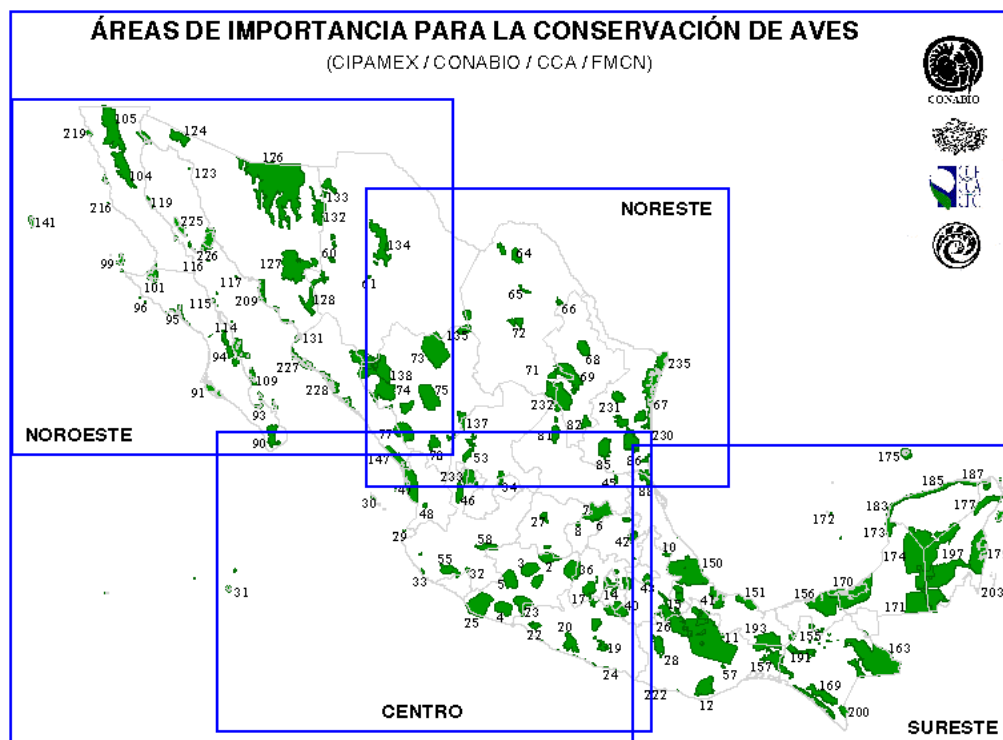
Pese a suponer un excelente recurso renovable, la explotación de la energía eólica en Oaxaca tiene asociada una serie de problemas:

- Las zonas con mejores recursos eólicos se encuentran alejadas de los centros de consumo, necesitando por tanto refuerzos considerables a la red de transmisión eléctrica para poder evacuar la energía eléctrica generada.
- A pesar de ser Oaxaca una de las áreas con mejor calidad de viento del mundo, con factores de carga que pueden alcanzar el rango de 40-45%, la propia naturaleza intermitente de la energía eólica involucra sistemas de generación de refuerzo que complementen dicha energía.
- El principal problema medioambiental asociado a la energía eólica está asociado a la posibilidad de colisión de aves con los álabes de las turbinas. Este tema cobra mayor relevancia en Oaxaca, ya que el Istmo de Tehuantepec es uno de los corredores de aves migratorias más importantes del mundo, por el que millones de aves cruzan cada año, especialmente durante la migración otoñal (finales de agosto-noviembre).
- Oaxaca es uno de los estados más pobres de México con una presencia relevante, en particular en la zona del Istmo, de población indígena. En esta región existen esquemas comunales de propiedad de la tierra, lo que impone un desafío adicional a la hora de negociar el uso y compensación del terreno donde se va a localizar un parque eólico.

En septiembre de 2009, un grupo de comunitarios y ejidatarios de la región del Istmo de Oaxaca, lanzaron un pronunciamiento en contra de los parques eólicos los cuales consideran tienen efectos negativos en el medio ambiente:

1. La irreparable muerte por colisión de aves y murciélagos contra las aspas de las torres, dada la importancia de la región del Istmo en el ecosistema global por ser la ruta migratoria de aves más importante del mundo, como se señala en el propio Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) del proyecto “La Venta II”.
2. La contaminación de suelos y de aguas, de mantos, ríos y lagunas por el derrame y cambio de miles de litros de aceites lubricantes de las turbinas, cuyo destino al ser cambiado no se especifica en los MIA.

3. La obstrucción de veneros y mantos acuíferos por miles de toneladas de concreto de las bases en toda la planicie, así como la modificación de la geomorfología original del terreno (relieve) y paisaje de manera permanente, sobre todo en la Barra de Santa Teresa que obstruiría la vital comunicación fluvial entre las lagunas Superior e Inferior.
4. El daño considerable a los habitantes de las comunidades próximas a los parques industriales eólicos, como La Venta y La Ventosa, debido al incremento considerable en los niveles de ruido electromagnético provocado por decenas de aerogeneradores trabajando a la vez.
5. La afectación de paisajes y la visibilidad de la Sierra de Tolistoque o Sierra Atravesada, de la planicie y de las lagunas Superior e Inferior del Mar Interior del Istmo.
6. La pérdida irreparable de vegetación, pues el proyecto no permite la existencia de árboles de más de tres metros de altura, reduciéndose el hábitat para todo tipo de fauna.
7. La inseguridad provocada ante los posibles incendios de aerogeneradores por tormentas eléctricas y cortos circuitos.



**Tabla 6. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves. FUENTE: CIPAMEX**

### 1.3.2.-Integración de la energía eólica al sistema eléctrico mexicano.

A pesar de contar con uno de los mejores potenciales de energía eólica del mundo, que supera los 10 000 MW de clase I y II, el desarrollo de este tipo de recurso energético en México ha sido muy limitado, contando en la actualidad con menos de 500 MW instalados, (418 MW a Enero del 2009). Además, las perspectivas a medio plazo no contemplan una aceleración relevante, ya que se espera tener instalados menos de 4 000 MW para el año 2017.

La estructura del sistema eléctrico nacional en México está compuesta por dos sectores: a) el público, integrado por CFE y el privado. En el año 1992, con el objetivo de incentivar la participación de particulares en la expansión del sistema eléctrico, se modificó la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) incorporando diferentes modalidades de participación privada en la generación de energía eléctrica:

- Autoabastecimiento. Es la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo.
- Cogeneración. Es la producción de energía eléctrica, conjuntamente con algún tipo de energía térmica secundaria, o a partir de energía térmica no aprovechada, o utilizando combustibles producidos en el proceso industrial que se trate. Al igual que en el caso de autoabastecimiento, la electricidad generada debe estar destinada a la satisfacción de las necesidades del permisionario.
- Producción independiente. Es la generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor de 30 MW, destinada exclusivamente a su venta a la CFE o a la exportación.
- Pequeña producción. Es la generación de energía eléctrica destinada a la venta a la CFE o a la exportación (proyectos con una capacidad menor de 30 MW); o al autoabastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan del servicio de energía eléctrica (proyectos con una capacidad menor de 1 MW)
- Exportación. Es la generación de energía eléctrica para la exportación, a través de proyectos de cogeneración, producción independiente o pequeña producción.
- Importación. Es la adquisición de energía eléctrica del extranjero para el consumo propio del permisionario.

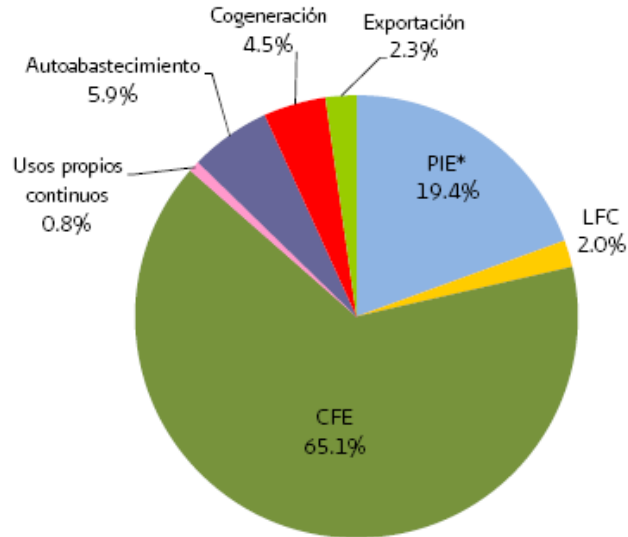


Ilustración 9. Porcentaje de participación en la generación de energía eléctrica en México. Fuente: *Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016. SENER*

El sistema eléctrico mexicano está dominado por CFE, que provee cobertura eléctrica a más del 97% de la población. La capacidad total instalada del sistema eléctrico es de 59 008 MW, generando 263 TWh/año. 67.1% corresponden al sector público (CFE) y 32.9% al sector privado. La participación del sector privado en la evolución de la capacidad instalada en la última década ha sido crucial, aportando más del 85% de la nueva capacidad y el 32.9% de la capacidad total instalada. La modalidad de productor independiente en este sector ha sido la más dinámica, en la actualidad representa un 56% de la capacidad instalada y un 23% de la capacidad total instalada. Genera un 31% de la electricidad usando el Esquema de Financiamiento con Garantías del Gobierno Federal (PIDIREGAS). El autoabastecimiento representa un 23.2% de los permisos concedidos.

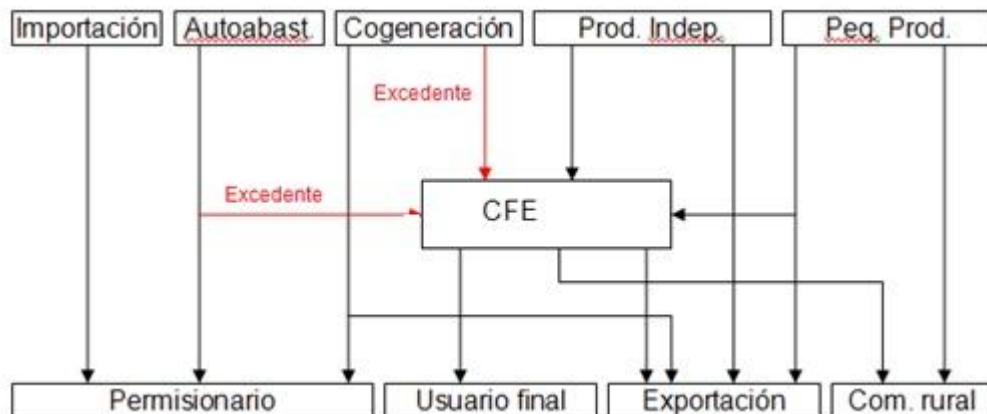


Ilustración 10. Modalidades de Generación de Energía Eléctrica en el Sector Privado

De los permisos privados autorizados, predomina la tecnología de ciclo combinado a gas natural, que para 2007 representó el 66.6% de la capacidad total autorizada. Si se incluyen los ciclos abiertos y las turbinas de gas, la participación del gas natural llega al 80% de los permisos privados.

Alrededor de un 73% de la capacidad eléctrica instalada en México está basada en combustibles fósiles, siendo las plantas que usan gas natural las que aglutinan un mayor porcentaje con un 36%. El resto de la capacidad instalada es hidráulica (22%), nuclear (2.7%), con una participación minoritaria de la energía renovable no hidráulica: geotérmica (2.2%), y eólica (0.1%). El elemento más importante en el desarrollo del sector eléctrico mexicano en la última década ha sido el cambio en la matriz de generación eléctrica a través de una sustitución sostenida de plantas de combustóleo por plantas de gas natural. De hecho, el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 prevé una meta para el año 2012 de 41% de gas natural en capacidad instalada seguido de un 20% de combustóleo.

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Capacidad (MW)	CFE	36,855	36,971	38,422	37,325	37,470	38,397	38,474	38,927	39,704	39,265
	PIE's	3,495	6,756	7,265	8,251	10,387	11,457	11,457	11,457	11,907	11,907
	Total	40,350	43,727	45,687	45,576	47,857	49,854	49,931	50,384	51,611	51,172
Generación (TWh)	CFE	177.05	169.32	159.53	170.07	162.47	157.51	157.16	154.14	160.37	37.57
	PIE's	21.83	31.62	45.85	45.56	59.43	70.98	74.23	76.5	78.44	20.31
	Total	198.88	200.94	205.39	215.63	221.9	228.49	231.4	230.64	238.81	57.88

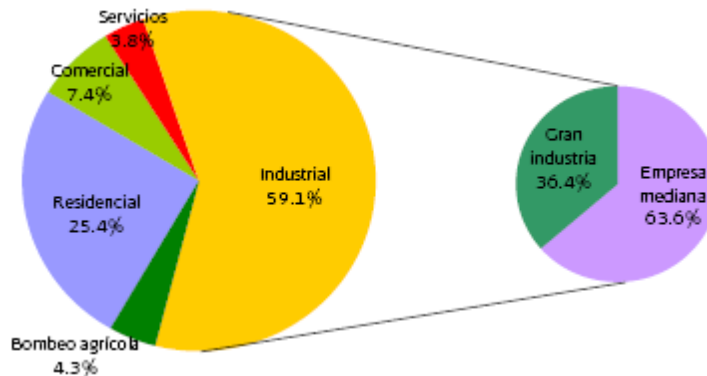
**Tabla 7. México. Capacidad Instalada de Generación Eléctrica 2008.**

Tipo de generación	Porcentaje
Geotermia	2.80%
Carbón	7.61%
Nuclear	3.62%
Eólica	0.05%
Productores independientes	35.09%
Hidráulica	12.69%
Hidrocarburos	38.13%

**Tabla 8. México. Generación Eléctrica por Fuente, 1999-2008.**



En la última década, el consumo de energía eléctrica ha tenido un crecimiento medio anual de 3.9%, principalmente como resultado de la evolución de los sectores residencial y mediana industria. Este crecimiento se ha mantenido bastante estable en un rango del 2 al 4% anual, solamente la demanda residencial ha tenido un incremento sostenido del 4.5% durante la última década. Dos tercios de los subsidios del sector eléctrico van destinados al sector residencial que sólo cubre un 40% de los costos. Estos subsidios que son de los más elevados del mundo y absorben una parte considerable de los recursos públicos (alrededor de 9,000 millones de US\$ en el año 2005), solamente en el año 2006, fueron equivalentes al 1% del PIB y representaron más de un tercio de los ingresos del sector eléctrico.

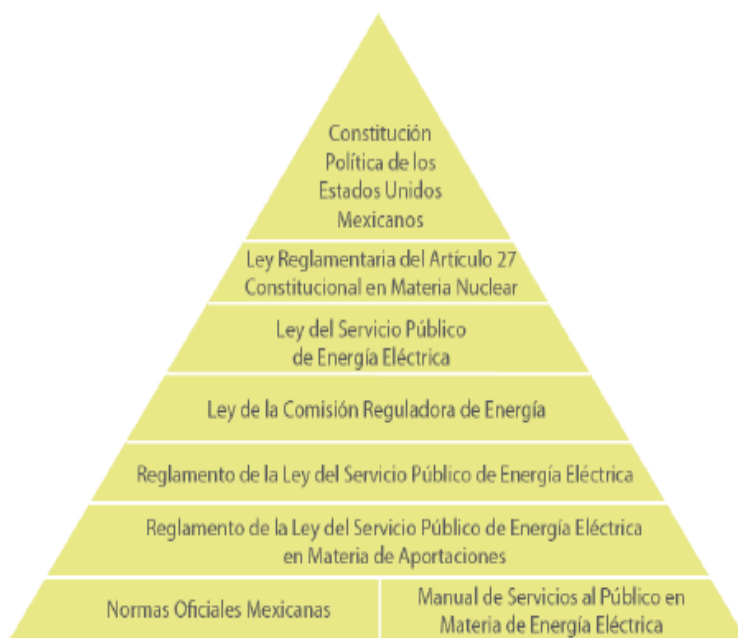


*Ilustración 11. Consumo de energía eléctrica por sector .Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016. SENER*

En términos reales los subsidios al sector eléctrico se incrementaron un 46% entre 2002 y 2006 debido al congelamiento de las tarifas residenciales y al desplazamiento de parte del consumo industrial abastecido por la CFE a la modalidad de autoabastecimiento. Por definición, el esquema de subsidio cruzado de consumidores industriales y comerciales a los residenciales es sostenible siempre y cuando la CFE mantenga un monopolio del 100% del mercado. Sin embargo, los precios elevados en los segmentos industrial y comercial han dado un incentivo muy grande a estos consumidores a pasarse al esquema de autoabastecimiento. Como resultado, se ha creado un déficit de financiación del esquema de subsidios a la CFE. En la actualidad, dicho déficit está limitado, ya que sólo han sido un 15% de los clientes industriales los que han decidido no ser suministrados por la CFE. Sin embargo, si no cambia la política tarifaria y se mantiene abierta la posibilidad del autoabastecimiento, este trasvase en el consumo de las industrias continuará creciendo, empeorando así aún más la situación causada por el esquema de subsidios.

Como monopolio estatal, la CFE tiene la potestad de fijar las tarifas de venta de energía eléctrica y los cargos de transmisión. Adicionalmente, es la CFE la que realiza la planificación de la expansión de la capacidad de generación, controlando así las diferentes adiciones de capacidad del servicio público, la tecnología a usar y su respectiva modalidad (obra pública financiada o producción independiente).

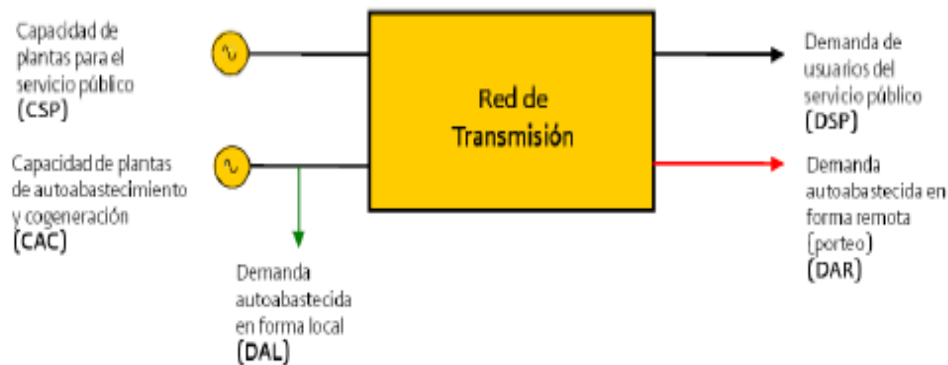
En adición a la LSPEE y sus diferentes modificaciones, el marco regulador cuenta con una serie de instrumentos que permiten a los suministradores privados interconectarse con el sistema eléctrico nacional y realizar intercambios comerciales con la CFE. Para fuentes de energía renovable, los instrumentos más relevantes son los contratos de interconexión y compraventa de energía eléctrica, así como el convenio para el servicio de transmisión de energía eléctrica.



**Ilustración 12. Ordenamientos Jurídicos que rigen las Actividades del Sector Eléctrico. FUENTE: CIPAMEX**

La CFE es la encargada de realizar la planificación de la expansión del sistema de generación eléctrica en México. Para ello tiene en cuenta los lineamientos estratégicos de la Secretaría de Energía (SENER) así como el análisis de costos de las diferentes alternativas de generación por tipo de tecnología. Como resultado de este análisis se elabora el documento anual Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico. La LSPEE establece que la elección de la tecnología de generación se debe basar principalmente en aquella que proporcione un menor costo de generación de largo plazo. Esta restricción es una de las razones por las que el desarrollo de las energías renovables

en México se haya visto tan limitado, dado que en la selección no se tiene en cuenta otra serie de beneficios (medioambientales, seguridad energética, etc.).



**Ilustración 13. Descripción del Sistema Eléctrico Nacional. Fuente: SENER. Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017**

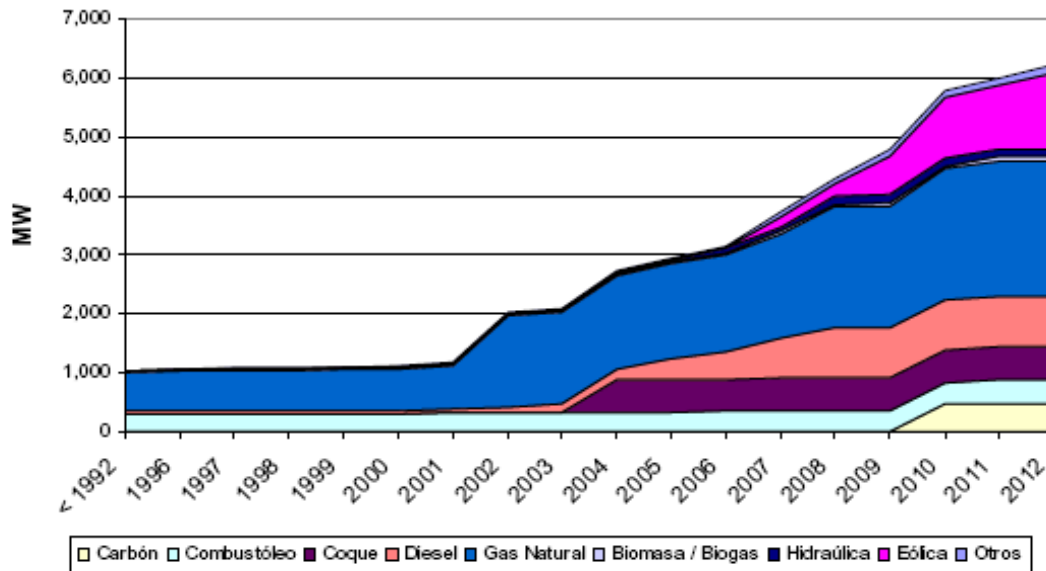
La participación de las energías renovables en el sistema eléctrico es todavía bastante marginal sin tomar en cuenta la energía hidroeléctrica. En 2007, el 73% de la capacidad instalada era a base a combustibles fósiles (gas natural, carbón y combustóleo), 22% hidráulica, y 2.7% nuclear. Las renovables no hidráulicas representaban un 2.3%, de los cuales el 2.2% pertenece a la energía geotérmica con sólo un 0.1% de energía eólica.

Una vez definido el programa de expansión de la generación de energía, la CFE propone el esquema de financiación más adecuado, incluyendo la producción independiente como uno de los posibles esquemas de financiamiento. Así, la producción independiente está limitada a aquellos proyectos que la CFE quiera sacar a licitación. Para el caso de la energía eólica, la central La Venta III ha sido el primer proyecto de producción independiente con dicha tecnología. En este caso, dado que forma parte del proyecto del Global Environment Facility "Proyecto de Energía Renovable a Gran Escala (PERGE)" cuenta con un subsidio a la producción de 20.4 millones de US\$ (1.1 centavos de US\$/kWh durante los cinco primeros años de generación).

La mayor limitación a la energía eólica bajo el esquema de productor independiente (PIE) es la metodología de planeación energética utilizada por la CFE, ya que está basada en la evaluación de proyectos usando solamente el costo económico de corto plazo de la generación de energía. La falta de valoración de otros beneficios que las energías renovables pueden aportar, tales como una mayor estabilidad de precios de generación y mejor seguridad en el abastecimiento de energía, aunado con el objetivo de la CFE de expandir la generación a gas natural, ha llevado al mínimo desarrollo de las energías renovables no hidráulicas.

En el caso de la energía eólica, de un potencial de clase I de alrededor de 10,000 MW, la CFE sólo planea desarrollar unos 500 MW (5%) para el 2017. Por el contrario, la energía eólica es mayoritaria en el sector privado en la modalidad de autoabastecimiento remoto y exportación, con prácticamente 3 500 MW previstos para su instalación, 80% en el área del istmo de Tehuantepec

En la modalidad de autoabastecimiento remoto, la planificación del proyecto cae fuera del dominio de la CFE. Sin embargo, dado que depende de las redes de transmisión de la CFE, un factor limitante es el procedimiento para dar acceso a la red a los permisionarios, que está controlado por la CFE. El proceso de temporada abierta en Oaxaca, ha buscado ser un punto de encuentro entre desarrolladores y la CFE para la planificación y financiación conjunta de la nueva línea de transmisión. Otra potencial barrera al desarrollo de esta modalidad es el cargo por servicio de transmisión. Pese a que la CRE publica la metodología de cálculo, ésta involucra el modelado de flujos de carga que no puede ser desarrollado por la CRE sino por la CFE. De esta manera, el establecimiento de los cargos de transmisión no se hace de una manera independiente ni transparente, dejando abierta la posibilidad de establecer una posición de poder en el mercado a favor de la CFE.



*Ilustración 14. Potencia Autorizada para la Modalidad de Autoabastecimiento por Tipo de Combustible 1999-2010. Fuente: CRE*

El hecho de que la CFE controle el acceso a terceros y el establecimiento de los cargos de transmisión, puede representar una barrera relevante al desarrollo de la energía eólica. Gran parte del desarrollo del autoabastecimiento remoto se ha realizado buscando un

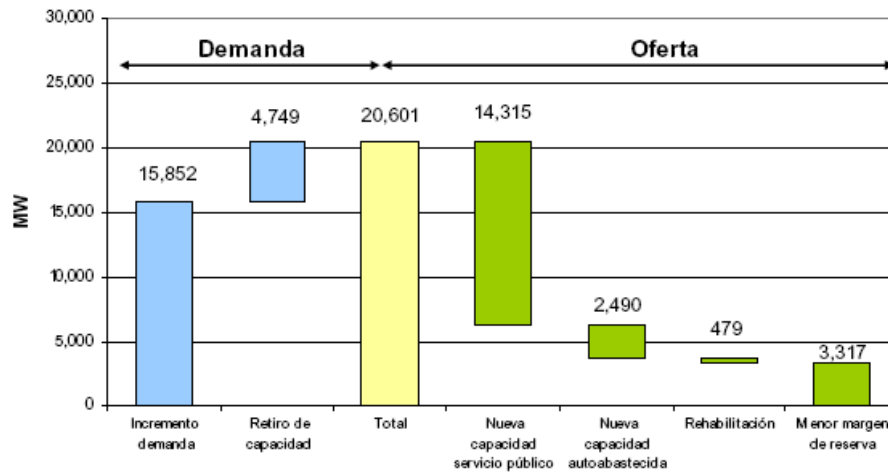
aprovisionamiento de energía eléctrica más barato para el sector industrial, mermando así la cuota de mercado de la CFE y poniendo en peligro el esquema de subsidios cruzados de la CFE. Si no se modifican sensiblemente los niveles tarifarios del sector residencial, para evitar la necesidad tan elevada de subsidios, la CFE tiene un incentivo muy grande a ejercer una posición de poder en el mercado e impedir el desarrollo del autoabastecimiento remoto.

Un desarrollo sostenible de las energías renovables en México debería ir acompañado de un proceso de reforma de la política de subsidios de la CFE. Mientras no se cambie la política de precios y exista la posibilidad del autoabastecimiento remoto, la hipótesis de la CFE de mantenimiento de su cuota del consumo nacional en el 90% y el mercado industrial por encima del 85%, resulta excesivamente optimista. Estas proyecciones y la posible estrategia subyacente de la CFE, entran en conflicto con la aceleración del desarrollo de la energía eólica en México, ya que una de las vías principales de crecimiento de esta tecnología en la próxima década será el autoabastecimiento remoto.

	Prospectiva	
	2008-2017	
	1997-2007	2007-2017
	%	%
<b>Consumo nacional</b>	<b>3.9</b>	<b>3.3</b>
Consumo autoabastecido	10.2	2.7
Ventas para servicio público	3.3	3.4
Desarrollo normal	4.0	3.4
Residencial	4.5	3.7
Comercial	3.1	3.2
Servicios	2.9	1.8
Agrícola	0.2	1.6
Industrial	3.2	3.5
Empresa mediana	4.7	3.7
Gran industria	0.9	3.1

**Tabla 9. Crecimiento Promedio Anual del Consumo de Electricidad. Escenario de Planeación. Fuente: Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016. SENER**

De esta manera, las razones principales que explican la evolución tan lenta de la energía eólica en México son la falta de incentivos públicos para fomentar el uso de energías renovables, así como la falta de un esquema regulatorio claro que permita una mayor participación del sector privado en el desarrollo de parques eólicos. Sin embargo, México se encuentra en un momento inmejorable para aplicar las lecciones aprendidas en el desarrollo de la energía eólica en otros países, ya que ha aprobado recientemente una ley para impulsar el desarrollo de energías renovables y está en el proceso de definir los detalles de los diferentes mecanismos contemplados en la ley.



**Ilustración 15. Demanda y Oferta de Nueva Capacidad. 2008-2017. Fuente: Elaboración Propia Basada en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016.SENER.**

### 1.3.3.-Otras acciones llevadas a cabo en México enfocadas a la energía eólica.

El programa de electrificación rural con energías renovables en el sur de México “Servicios Integrales de Energía” generará proyectos de electrificación en zonas aisladas que, dependiendo de la disponibilidad del recurso renovable, podrán venir de generadores eólicos, así como de otras alternativas tecnológicas.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas concluyó el Centro Regional de Tecnología Eólica (Certe) en la región del Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF). Este será un centro para la investigación y el desarrollo tecnológico enfocado en la energía eólica. Aunado a esto, continúa sus esfuerzos para ampliar la información sobre el potencial eólico nacional mediante estudios de sitio que permiten tener un gran nivel de detalle para la toma de decisiones sobre la instalación de parques eólicos.

Este instituto firmó un convenio con la Fundación Holandesa de Investigación en Energía. Con este convenio, están avanzando en la preparación del centro, con el fin de certificar equipos eólicos para la Clase I y Clase I Especial. Este será el primer laboratorio de su tipo y alcance en América Latina para condiciones de viento intensas.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas avanza también hacia el desarrollo de la Máquina Eólica Mexicana (MEM, “Máquina México”), que será el primer aerogenerador

con categoría uno diseñado en su totalidad en el país. Para el desarrollo del prototipo industrial, la fabricación y la comercialización, cuentan ya con un convenio firmado con la Corporación EG de Monterrey.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM estudia alternativas para la desalación de agua de mar en Baja California a partir de fuentes renovables, incluida la energía eólica.

En Oaxaca se está construyendo una línea de transmisión en 400 kV y reforzando dos líneas existentes para un total de 590 kilómetro-circuito, para contar con la infraestructura necesaria para transmitir la energía eléctrica; además se desarrollará una nueva subestación y se modernizarán 3 existentes, lo que permitirá integrar parte del potencial eólico de la zona al Sistema Eléctrico Nacional, para su aprovechamiento dentro de las modalidades permitidas por la legislación vigente. Este proyecto tiene un costo estimado de 3,800 millones de pesos.

#### **1.3.4.-Prospectiva y recomendaciones.**

De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017, para el año 2012 la Comisión Federal de Electricidad tendrá instalados en México 593 Megawatts provenientes de generación eólica, pero México es de los pocos países que aún mantiene un monopolio de Estado en los energéticos básicos y esto implica que cualquier intento por abrir una ventana a la inversión privada directa (nacional o extranjera) en actividades de exploración, explotación, comercialización, por ejemplo en el caso del petróleo o de transmisión, distribución y comercialización, en el caso de la energía eléctrica, es totalmente neutralizado por las distintas corrientes de los partidos políticos.

Existen retos comunes a los que se enfrenta la energía eólica en México y el mundo. La disponibilidad de equipos eólicos ha sido muy volátil en los últimos años, al igual que sus precios, por el exceso de demanda de equipos en el mundo y las capacidades limitadas de manufactura. Contar con una disponibilidad local de equipos, componentes y servicios para la instalación y desarrollo de estos proyectos dará una clara ventaja a la tecnología para un desarrollo exitoso en México y permitiría posicionar al país como un polo tecnológico para la región.

Es importante lograr avances en el diseño y utilización de materiales que permitan aumentar la eficiencia de generación de las máquinas así como su competitividad frente a otras tecnologías. De igual forma, es necesario contar con equipos diseñados

específicamente para las condiciones de viento presentes en México. Por otro lado, las restricciones de acceso y distancias para interconexión de proyectos a las redes eléctricas han sido una gran barrera en las zonas donde se desarrollarán los proyectos. Por esto, es necesario diseñar esquemas que permitan instalar la infraestructura de transmisión y comunicación necesaria para el desarrollo exitoso de proyectos de energía eólica.

Para lograr un desarrollo sostenible del crecimiento de la industria de las energías renovables en México, debemos implementar medidas que protejan la biodiversidad en las zonas de viento, en 2007 el CONACYT publicó que, por medio de un programa de investigación y haciendo uso de un radar, lograron evaluar el paso de 12 millones de aves de 130 especies cada temporada en el Istmo de Tehuantepec. Ello implica una responsabilidad ambiental que debemos asumir y tomar en consideración, sobre todo si tenemos tiempo para implementar medidas de protección y mitigación.

La capacidad de las redes y los costos de porteo siguen siendo temas pendientes en las agendas de los principales actores. La temporada abierta de Oaxaca no es suficiente y lo más preocupante es que no se vislumbran obras de ese tipo para los próximos años.

México, con un potencial aprovechable de 35 mil MW solamente en el Istmo de Tehuantepec, se posiciona en Latinoamérica como uno de los líderes en inversión y proyección de capacidad a instalar, pero hay reformas y leyes que deben de ser mejoradas para que esto se pueda realizar. Es necesario incluir en la ley aspectos que han sido cruciales en otros países para impulsar el desarrollo de la industria eólica. Éste es el caso de los Estados Unidos que hoy ostenta el primer lugar en capacidad de generación eólica instalada, ganado por su desarrollo acelerado basado en tres elementos principales: a) el establecimiento de metas de generación como parte de la oferta nacional de electricidad; b) la planeación y el desarrollo de estrategias de evacuación de la energía generada a través del diseño y construcción de nuevas líneas de transmisión, y c) los incentivos en las tarifas de la venta de energía al menudeo.

Recomendaciones que pueden ayudar a superar las barreras al desarrollo de la energía eólica en México:

- Establecer metas obligatorias de generación renovable a la CFE.
- Asegurar mecanismos de financiación suficientes y sostenibles para la generación por fuentes renovables.
- Fomentar el desarrollo de líneas de transmisión para canalizar la energía eólica producida.
- Hacer más transparente la metodología de cálculo de los costos de transmisión.



- Resolver la cuestión de los subsidios a la electricidad para asegurar la sostenibilidad financiera del sistema eléctrico.

A diferencia de México, en Alemania que es el principal productor en Europa, las características de su política son:

- Los precios de compra se basan en la rentabilidad de las plantas y en función de los resultados más que a un precio fijo.
- La prioridad es para los sistemas interconectados, compra y transmisión de electricidad renovable.
- Comisiones coherentes de compra por kWh para los operadores de las líneas, con una perspectiva de largo plazo y seguridad en las inversiones (15-30 años).
- Incentivos para plantas nuevas, nuevos potenciales y nuevas tecnologías.
- Incentivo por la búsqueda de la eficiencia y reducción de costos. Existen tarifas diferenciadas por fuente de generación y tamaño de la planta y por otra parte hay tasas anuales de regresión tomando en cuenta el desarrollo tecnológico.
- Igualación nacional entre todos los operadores de redes y proveedores de electricidad para el pago de servicios. Los clientes pagan los costos adicionales, el Estado no da subsidios.

Las modificaciones que ha sufrido el marco legal aplicable a la energía renovable, a través de nuevos contratos de interconexión y la creación de un marco jurídico que destaca las ventajas de esta tecnología, han permitido que el país avance hacia el desarrollo de esta industria y de nuevas herramientas que permitan ampliar la participación y el entendimiento de la energía eólica en el beneficio de nuestro país

La reforma marca una planeación a largo plazo del sector, buscando la consistencia de políticas hacia una transición energética parcial y limitada, basada en tres elementos:

- La formación de un fondo para el fomento de las energías renovables. En el mes de marzo el subsecretario anunció que, por ahora, este fondo sería para apoyo a la investigación básica.
- Una propuesta de acciones para establecer las bases sobre mecanismos de compra de energía procedente de fuentes renovables, y
- Acciones de fomento del ahorro y la eficiencia.

Los elementos adicionales que resultaron de la reforma, aunque no menos importantes, fueron el fortalecimiento de la Secretaría de Energía como la entidad rectora que habrá de

fijar plataformas de producción de petróleo y política de reservas, con mayor capacidad de gestión, así como mayores atribuciones y fortalezas a la Comisión Reguladora de Energía.

En octubre de 2008 se aprobó la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética; sin embargo, aún no hay nada claro del rumbo que se tomará para difundirlas y explotarlas. Para que un país entero pueda comprometerse, avalar e incluso impulsar alguna nueva estrategia, política o simplemente un cambio, es necesario primero, que su ciudadanía comprenda de qué se trata, cuáles son los objetivos de esa nueva estrategia, las ventajas y desventajas de implementarla y cómo se puede lograr su desarrollo.



# Proyectos Eólicos en México

## Proyectos Eólicos en México

### Proyectos Eólicos en Operación

Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
La Venta	Oaxaca	OPF	CFE	Vestas	1994	1.6
La Venta II	Oaxaca	OPF	CFE	Gamesa	2006	83.3
Parques Ecológicos de México	Oaxaca	Autoabastecimiento	Iberdrola	Gamesa	2009	79.9
Eurus, 1st Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2009	37.5
Eurus 2nd Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2010	212.5
Gobierno Baja California	Baja California	OPF	GBC/Turbo Power Services	Gamesa	2010	10
Bii Nee Stipa I	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa-Gamesa	Gamesa	2010	26.35
La Mata - La Ventosa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Electrica del Valle de México (EDF-EN)	Clipper	2010	67.5
						518.63

### Proyectos Eólicos Bajo Construcción

Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2010-2011	50
La Venta III	Oaxaca	PIE	CFE/Iberdrola	Gamesa	2011	101
Oaxaca II, III y IV	Oaxaca	PIE	CFE/Acciona	Acciona	2011-2012	304.2
Oaxaca I	Oaxaca	PIE	CFE/EYRA	Vestas	2010	101
Los Vergeles	Tamaulipas	Autoabastecimiento	GSEER	Siemens	2010-2011	161
						717.2

### Proyectos Eólicos en Desarrollo

Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Vientos del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	Por Definir	2011-2014	395.9
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2011-2012	30
Bii Hioxio	Oaxaca	Autoabastecimiento	Unión Fenosa	Por Definir	2011-2014	227.5
Bii Stinú	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Istmo (Eolia)	Por Definir	2011-2013	164
Santo Domingo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Pacifico (Eolia)	Por Definir	2011-2014	160
Bii Nee Stipa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa-Gamesa	Gamesa	2011-2014	288
Desarrollo Eólicos Mexicanos	Oaxaca	Autoabastecimiento	Renovalia	Por Definir	2011-2014	227.5
Union Fenosa	Baja California	Exportación	Gas Natural/Union Fenosa	Por Definir	2011-2014	400
Sempre	Baja California	Exportación	Sempre	Por Definir	2011-2014	1200
Fuerza Eolica	Baja California	Exportación	Fuerza Eolica	Por Definir	2011-2014	400

OPF: Obra Pública Financiada

FOC: Fecha de Operación Comercial

PIE: Productor Independiente de Energía

**Total MW**

3,492.9

4,728.7

Ilustración 16. . Proyectos Eólicos en México.

