

~ Proyecto ~



La Energía Eólica

En MÉXICO

Proyecto financiado por



El proyecto TECH4CDM, desarrollado a lo largo de los años 2008 y 2009 y financiado por la Unión Europea dentro del Sexto Programa Marco de I+D, tiene como objetivo la promoción de tecnologías de energías renovables y de eficiencia energética prestando especial atención a la superación de barreras de carácter tecnológico y analizando cómo los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto pueden favorecer los proyectos basados en las tecnologías eólica, cogeneración, solar térmica y electrificación rural con energías renovables.

En su ejecución participan tanto instituciones europeas como de América Latina y está coordinado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) de España. Los socios tecnológicos que participan en el proyecto son: la Asociación de la Industria Fotovoltaica Europea (EPIA), la Asociación Empresarial Eólica (AEE), la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT). En el caso de la cogeneración se cuenta con la participación de COGEN España y para la parte referente a los MDL con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC).

Los cinco países donde se realizan las actividades del proyecto son Argentina, Chile, Ecuador, México y Perú y en cada uno de ellos se ha trabajado con socios locales, asegurando de esta forma un mayor aprovechamiento de los esfuerzos compartidos. Las entidades participantes son la Secretaría de Energía y la Unión Industrial Argentina, la Comisión Nacional de Energía (CNE) de Chile, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) de Ecuador, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) de México y el Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA) de Perú.

Entre las actividades a realizar en el proyecto, está la realización de una serie de estudios sobre la situación de estas tecnologías en cada uno de los países. Este documento resume los aspectos más importantes.

Más información en www.tech4cdm.com

Contenido

1.	MÉXICO.....	4
2.	CONTEXTO ENERGÉTICO MEXICANO.....	5
3.	ANÁLISIS DEL SECTOR DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	15
4.	RESULTADOS	25
5.	REFERENCIAS	27

1. MÉXICO

La siguiente tabla muestra los datos más del país:

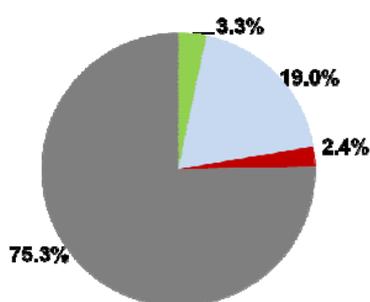
MÉXICO	2000	2005	2007	2008
General Data				
Población, (millones)	97,97	103,09	105,28	106,35
Crecimiento de población (anual %)	1,4	1,0	1,0	1,0
Superficie del país(miles de km ²)	1.964,4	1.964,4	1.964,4	1.964,4
Energía y Medioambiente				
Uso de energía (kg equivalentes de petróleo per capita)	1.533	1.713
Emisiones de CO2 (toneladas métricas per capita)	3,9	4,1
Consumo de energía eléctrica (kWh per capita)	1.794	1.968
Economía				
PIB (billones de US\$ corrientes)	581,43	846,99	1.022,82	1.085,95
Agricultura, valor añadido (% del PIB)	4	4	4	4
Industria, valor añadido (% del PIB)	28	34	36	37
Servicios, etc., valor añadido (% del PIB)	68	62	60	59
Crecimiento anual del PIB (%)	6,6	3,2	3,2	1,8
Inflación, deflactor del PIB (% anual)	12,1	4,4	4,7	6,5
Exportación de bienes y servicios (% del PIB)	31	27	28	28
Importación de bienes y servicios (% del PIB)	33	29	30	30
Inversiones extranjeras directas, flujos netos (US\$ corrientes) (millones)	17.942	20.945	24.686	..

Información sobre México (Fuente: Banco Mundial).

2. CONTEXTO ENERGÉTICO MEXICANO

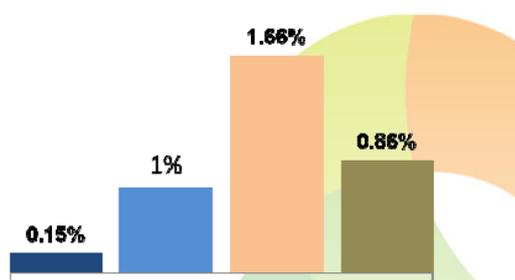
A finales de 2008, la capacidad instalada de fuentes de energías renovables ascendió a casi 2.000 MW de potencia. Esto incluye energía eólica, hidroeléctrica de pequeña potencia (menor de 30 MW), geotermia, biomasa y biogás. La participación de las fuentes renovables en la matriz energética mexicana representó el 3,3 % del total. La máxima participación fue de los combustibles fósiles, con un 75,3 %, seguido de la generación a partir de la energía hidráulica de gran potencia, con un 19 %. La matriz energética tiene una fuerte dependencia en los combustibles fosiles:

Capacidad instalada de generación eléctrica en México:



- Renovables
- Grandes hidroeléctricas
- Nuclear
- Combustibles fósiles

Capacidad instalada por tipo de tecnología de fuentes renovables:



- Eoloelectrica
- Hidroeléctrica
- Geotermoeléctrica
- Biomasa y biogas

Energías renovables → 1,924.8 MW → 3.3%

Matriz energética mexicana (Fuente: SENER).

Agentes relevantes del sector energético mexicano

Secretaría de Energía (SENER):

La misión de la SENER es conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional. Para poder cumplir con estos fines, cuenta dentro de su organigrama con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Comisión Reguladora de Energía, entre otros organismos desconcentrados.

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE):

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, así como promover el uso de las Energías Renovables, es un órgano de carácter técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Comisión Reguladora de Energía (CRE):

Regular de manera transparente, imparcial y eficiente las industrias del gas, de los refinados, derivados de hidrocarburos y de electricidad, generando certidumbre que aliente la inversión productiva, fomentando una sana competencia, propiciando una adecuada cobertura y atendiendo a la confiabilidad, calidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios, a precios competitivos, en beneficio de los usuarios.

Comisión Federal de Electricidad (CFE):

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para cerca de 27.1 millones de clientes, lo que representa a casi 80 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE):

El objetivo del IIE es ser un instituto de referencia en innovación en el ámbito nacional, conformado por científicos y tecnólogos de reconocido prestigio, cuyos resultados impulsen el desarrollo sustentable del país.

Política energética mexicana

El principio rector de la política nacional mexicana es el desarrollo humano sostenible, el cual asume que “el propósito del desarrollo consiste en crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras”.

Siguiendo esta idea básica y con el fin de conseguir el desarrollo integral del país, en materia de energía se establece el objetivo de asegurar un suministro confiable, de calidad y a precios competitivos de los insumos energéticos que demandan los consumidores. Para ello, se propone impulsar el uso eficiente de la energía, así como la utilización de tecnologías que permitan disminuir el impacto ambiental generado por los combustibles fósiles tradicionales. De esta forma, se pretende conciliar las necesidades de consumo de energía de la sociedad con el cuidado de los recursos naturales.

Como respuesta ante las amenazas del cambio climático y la seguridad energética el gobierno mexicano apuesta por la transición energética de la matriz energética.

La transición energética consiste en un cambio de enfoque en el sector energético, un proceso a través del cual se genere un mejor aprovechamiento de los combustibles fósiles y se desarrolle y fomente el uso de energías renovables con el fin de diversificar las fuentes primarias de energía y aminorar el impacto al medio ambiente al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por el uso de combustibles fósiles, los cuales representa actualmente la principal fuente de energía a nivel internacional.

Estas ideas son las directrices generales que rigen el Plan Nacional de Desarrollo (PND), y que junto al Programa Sectorial de Energía establecen los objetivos básicos del área de las políticas de eficiencia energética y energía renovable. A continuación se mencionan los aspectos más relevantes.

El Plan Nacional de Desarrollo está basado en la Ley de Planeación y en la Visión México 2030 y establece los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que durante la presente Administración deberán regir la acción del gobierno. Para ello el Plan se estructura en cinco ejes rectores, cada uno con sus objetivos y estrategias, asume como premisa básica la búsqueda del desarrollo humano sustentable. Los cinco ejes sobre los que se articula el PND comprenden los ámbitos económico, social, político y ambiental.

Las estrategias a seguir relacionadas con las energías renovables incluidas en el PND proponen impulsar el uso eficiente de la energía, así como la utilización de tecnologías que permitan disminuir el impacto ambiental generado por los combustibles fósiles tradicionales; aprovechando el gran potencial que tiene México en energías renovables. Estas estrategias son:

- Promover el uso eficiente de la energía para que el país se desarrolle de manera sustentable, a través de la adopción de tecnologías que ofrezcan mayor eficiencia energética y ahorros a los consumidores.
- Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, generando un marco jurídico que establezca las facultades del Estado para orientar sus vertientes y promoviendo inversiones que impulsen el potencial que tiene el país en la materia.
- Intensificar los programas de ahorro de energía, incluyendo el aprovechamiento de capacidades de cogeneración.
- Aprovechar las actividades de investigación del sector energético, fortaleciendo a los institutos de investigación del sector, orientando sus programas, entre otros, hacia el desarrollo de las fuentes renovables y eficiencia energética.
- Fortalecer las atribuciones de instituciones de regulación del sector.
- Impulsar la eficiencia y tecnologías limpias (incluyendo la energía renovable) para la generación de energía.

Por otro lado, el Programa Sectorial de Energía 2007-2012, elaborado con base en el PND, descansa fundamentalmente en tres puntos: asegurar el abasto de energéticos que requiere la economía; fortalecer a las empresas públicas del sector para mejorar la oportunidad y calidad en el suministro de los insumos; y, promover intensamente la eficiencia energética y las energías renovables, a fin de disminuir el impacto ambiental que se deriva por la utilización de combustibles fósiles.

Además, México cuenta con programas y estrategias específicos para el sector de las energías renovables y la transición energética

Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables:

En el “Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables”, definido en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento (LAERFTE), y elaborado y coordinado por la Secretaría de Energía; se establecen los objetivos a alcanzar para el año 2012 en materia de energía renovable:

INDICADORES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS						
OBJETIVO	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	SITUACIÓN INICIAL (2008)	DESGLOSE	META	DESGLOSE
a. Impulsar el desarrollo de la industria de energías renovables en México.	Porcentaje de la Capacidad Instalada mediante fuentes de energía renovable.	%	3.3	Energía Eólica 0.15% Energía Minihidráulica 0.65% Energía Geotérmica 1.66% Biomasa y Biogás 0.86%	7.6 ²² (al 2012)	Energía Eólica 4.34% Energía Minihidráulica 0.77% Energía Geotérmica 1.65% Biomasa y Biogás 0.85%
b. Ampliar el portafolio energético del país.	Porcentaje de Generación eléctrica mediante fuentes de energía renovable.	%	3.9	Energía Eólica 0.09% Energía Minihidráulica 0.64% Energía Geotérmica 2.86% Biomasa y Biogás 0.33%	4.5 - 6.6 ²³ (al 2012)	Energía Eólica: (1.74 - 2.91) Energía Minihidráulica: (0.36 - 0.61) Energía Geotérmica: (2.19 - 2.74) Biomasa y Biogás: (0.19 - 0.32)
c. Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables.	Comunidades electrificadas mediante fuentes de energía renovable	Número de comunidades	0		2,500 ²⁴	

Objetivos específicos del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

En este Programa se marcan los siguientes objetivos específicos:

- Impulsar el desarrollo de la industria de energías renovables en México.

- Ampliar el portafolio energético del país, impulsando una mayor seguridad energética al no depender de una sola fuente de energía.
- Ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades rurales utilizando energías renovables en aquellos casos en que no sea técnica o económicamente factible la conexión a la red.

Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía:

Dentro de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento se establece la “Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía” como el mecanismo mediante el cual el Estado Mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sostenibilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. De esta forma, la Estrategia permitirá seguir dando un enfoque integral a las políticas públicas que se desarrollan en materia de transición energética.

El objetivo primordial de la Estrategia es promover la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables y la eficiencia energética.

Cada año, la Secretaría de Energía debe de actualiza la Estrategia y además presentar una prospectiva sobre los avances logrados en la transición energética y el aprovechamiento sostenible de las energías renovables.

Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía:

El Programa es el instrumento mediante el cual el Ejecutivo Federal, de acuerdo con la Ley de Planeación, establecerá estrategias, objetivos, acciones y metas que permitan alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo; será un programa especial en los términos de la Ley de Planeación.

La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), es quien elaborará el Programa.

Otros programas de apoyo que el Gobierno Federal ha puesto en marcha son:

- “Proyecto de Servicios Integrales de Energía”: tiene como propósito dotar de electricidad a un aproximado de 2,500 comunidades rurales
- “Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala”: busca apoyar a México para desarrollar un proyecto de energía renovable interconectado con base en criterios comerciales de 100 MW
- “Programa Transversal de Vivienda Sustentable”: prevé la incorporación de energías renovables y estrategias de uso racional de los recursos para fomentar las viviendas sustentables
- “Hipoteca verde”: comprende un crédito que incluye un monto para la compra de una vivienda ecológica

Marco regulatorio y legislativo

El actual marco legislativo mexicano es un buen reflejo de los cambios que se están produciendo en el sector de las energías renovables y de la eficiencia energética. En noviembre de 2008 se publicaron dos importantes leyes sobre la materia:

- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento (LAERFTE).
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE).

Las características principales de estas dos Leyes se resumen a continuación:

Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento (LAERFTE):

El objetivo de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento (LAERFTE), publicada el

28 de noviembre de 2008, es regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la presentación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

Con el fin de fortalecer las instituciones de regulación del sector, siendo esta una de las estrategias consideradas dentro del PND, la Ley amplia y complementa las atribuciones otorgadas a la Secretaría de Energía y la Comisión Reguladora de Energía.

Otras disposiciones de la Ley son la elaboración del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables que establece los objetivos y metas específicas a alcanzar en materia de energía renovable en el 2012; el establecimiento de la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, ambos mencionados en el punto anterior; la realización y actualización, por parte de la Secretaría de Energía, del Inventario Nacional de las Energías Renovables, así como la creación de un Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, entre otros.

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE):

Tanto la Ley como el Reglamento tienen como objeto propiciar un aprovechamiento sostenible de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo. Los aspectos más relevantes de la Ley son los siguientes:

- La elaboración del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE).
- La creación de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
- La creación del Consejo Consultivo para el Aprovechamiento sustentable de la Energía el cual tiene por objeto evaluar el cumplimiento de los objetivos, estrategias, acciones y metas establecidos en el PRONASE

- Implementación y actualización del Subsistema Nacional de Información para el Aprovechamiento de la Energía cuyo objeto, entre otros, es registrar, organizar, actualizar y difundir la información sobre consumo de energía, los usos finales y los factores que impulsan esos usos finales, así como los indicadores de eficiencia energética en los diferentes sectores y subsectores.
- Desarrollo de un Programa para la certificación de procesos, productos y servicios respecto al grado de incorporación de la eficiencia energética, del cumplimiento de la normatividad aplicable y de los parámetros y estándares internacionales.
- Registro de los Fondos y Fideicomisos que tengan por objeto apoyar el aprovechamiento sostenible de la energía y que hayan sido constituidos por el Gobierno Federal, reciban recursos federales o en los cuales el Gobierno Federal constituya garantías.
- Definición de los criterios para determinar a los usuarios con un patrón de alto consumo de energía.
- Elaboración y publicación de un catálogo de los equipos y aparatos que requieran energía para su funcionamiento con la información técnica sobre sus consumos.
- Desarrollo de las metodologías para cuantificar emisiones de GEI por la explotación, producción, transformación, distribución y consumo de energía; así como para cuantificar el uso de energéticos, determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados derivados del aprovechamiento sostenible de la energía.
- Inclusión de leyendas que promuevan el uso eficiente de la energía en los recibos y facturas de las empresas y organismos del Sector Energía.

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE):

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE). Esta Ley data del año 1975, sufrió una importante reforma en el año noventa y dos, en la que se permiten seis modalidades de inversión para los particulares: autoabastecimiento, cogeneración,

productor independiente de electricidad (IPP), exportaciones, importaciones para autoconsumo, producción en pequeña escala

También existen ventajas fiscales como arancel cero para equipos que prevengan la contaminación y para la investigación y desarrollo tecnológico y la depreciación acelerada para los proyectos de infraestructura que utilicen fuentes renovables de energía.

3. ANÁLISIS DEL SECTOR DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica en el mundo y Europa

La energía eólica ha alcanzado tal nivel de desarrollo, que permite afirmar que nos encontramos ante una fuente energética limpia, económicamente competitiva y con una tecnología de aprovechamiento madura. Partiendo de una fuente natural, renovable y no contaminante, los actuales aerogeneradores son capaces de producir electricidad a precios competitivos frente a las fuentes tradicionales energéticas, lo que ha permitido en los últimos años posicionar a la energía eólica como la fuente energética de crecimiento mundial más rápido.

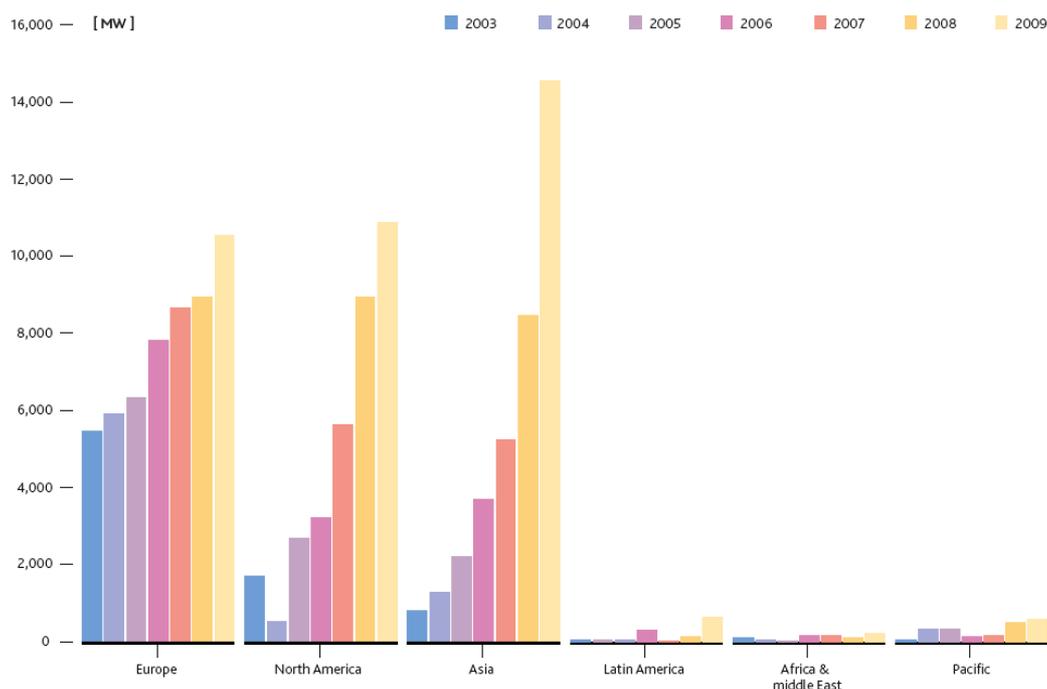
El mercado de la energía eólica se está desarrollando con tasas anuales de crecimiento entorno al 30%, habiendo pasado de los 2.500 MW en el año 1992, a 94.000 MW a 1 de enero de 2008, con lo que se proporciona energía suficiente para satisfacer las necesidades de unos 50 millones de hogares, más de 120 millones de personas.

La necesidad de combatir el cambio climático global, ha motivado en gran medida a la expansión de la energía eólica, al evitar la emisión de dióxido de carbono, sin producir ninguno de los otros contaminantes asociados con la generación a partir de combustibles fósiles, o con la generación nuclear. Un desarrollo energético de esta naturaleza favorece mayoritariamente a que sea aceptado en la sociedad, al no provocar emisiones de gases contaminantes y sin originar residuos de larga duración. Según los últimos datos publicados la generación eléctrica de las plantas eólicas ha evitado la emisión a la atmósfera de unos 18 millones de toneladas de CO₂, en 2007, que se habrían emitido si se hubieran generado en centrales térmicas de carbón, gas o fuel, lo que permite contribuir al cumplimiento de los compromisos derivados del Protocolo de Kioto.

A medida que se ha ido desarrollando el mercado, los costes de la energía eólica han mostrado una drástica reducción. Si bien los coste ex-factory de los aerogeneradores han ido aumentando por el incremento de precios de las materias primas, principalmente el acero, estos varían en función de la tecnología y tamaño de

máquinas, afectando a los costes de generación con amplio margen como una consecuencia de las diferencias en el tamaño del proyecto, que es fundamentalmente debido a las características de viento del emplazamiento. El próspero negocio de la energía eólica ha atraído la atención de todos los mercados de inversión y nuevos participantes.

Europa lidera el mercado mundial de la energía eólica, tanto en lo que se refiere a la potencia instalada como a la industria del sector, y en la actualidad podemos afirmar que se han instalado plantas eólicas prácticamente en todas las áreas geográficas del continente. La producción de energía eléctrica en sistemas conectados a la red a través del uso de la energía eólica se está consolidando en muchos países europeos como una forma de diversificación de la actual estructura energética.



Annual installed capacity by region 2003-2009 (Fuente: Global Wind Energy Council).

Según el informe anual de la consultora BTM Consulting, se prevé un crecimiento de la potencia eólica en Europa, para el período comprendido entre 2007 y 2011, de 59.150 MW, seguida por América del Norte, con un incremento de 33.050 MW para el mismo período. Revisando los datos de la Agencia Internacional de la Energía del año 2005, se verifica lo pronosticado para España como el segundo país del mundo con

mayor porcentaje de demanda de electricidad cubierta por energía eólica, habiendo alcanzado durante el año 2007 el 9,5 %, solo por detrás de Dinamarca con valores del 20,10%.

Hoy en día la industria eólica ha superado la etapa de I+D, explotándose de forma industrial, con fiabilidad técnica, rentabilidad económica e impactos ambientales de poco significado.

Las actuales máquinas de serie tienen potencias elevadas (principalmente del orden de 850 a 3000 kW), motivo éste que permite a los parques eólicos alcanzar potencias totales importantes en producción, con niveles relevantes.

	1982	1992	2002	2006	Incremento (%)
Potencia Nominal (kW)	55	225	850	2000	36.36
Diámetro del Rotor (m)	15	27	52	80	5.33
Área Barrida (m ²)	177	573	2124	5027	28.40
Altura de la Torre (m)	20	30	50	85	4.25
Producción Anual (MWh)	110	520	2550	5605	50.95
Peso Total / Góndola rotor inc. (T)	6.7/2.9	22/10.8	80/26.5	286/104	42.6 / 35.86
Coste Estimado (Euros)	66600	250000	850000	2400000	36.0
Producción/Área Barrida (kWh/m ²)	621	907	1200	1114	1.79
Peso Góndola/Área Barrida(kg/m ²)	16.3	18.84	12.47	20,68	1.26

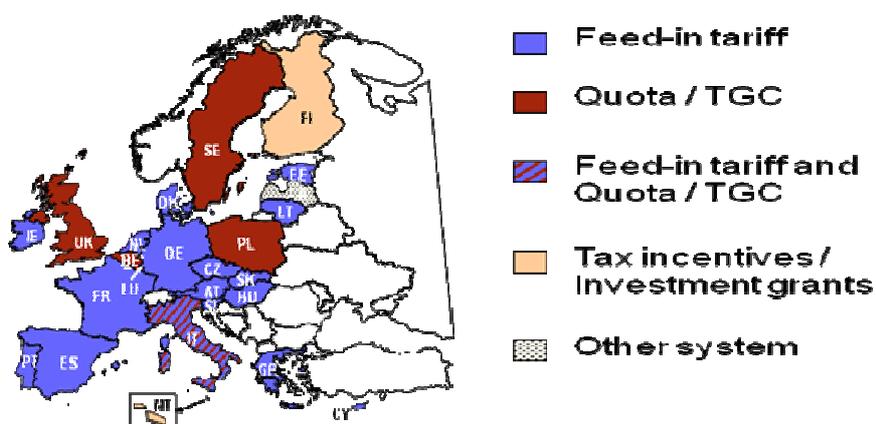
Esquema de evolución de los aerogeneradores en el período 1982-2006

Existen diferentes sistemas de apoyo dentro del sistema tarifario para la retribución de la energía. Los marcos regulatorios deben dar una adecuada remuneración para garantizar la viabilidad económica de los proyectos. Los distintos marcos regulatorios:

- **Feed-inTariffs (FIT):** Las energías renovables son integradas al sistema eléctrico con una tarifa garantizada durante un período de tiempo determinado. El precio de venta al mercado dependerá del requerimiento del sistema eléctrico, partiendo de un precio base y además el FIT podrá pagar incentivos que se sumarán al precio medio del mercado eléctrico (caso España). Dentro del sistema de FIT, existen dos opciones: remuneración que depende de la producción del parque eólico (caso de Alemania y Francia) e

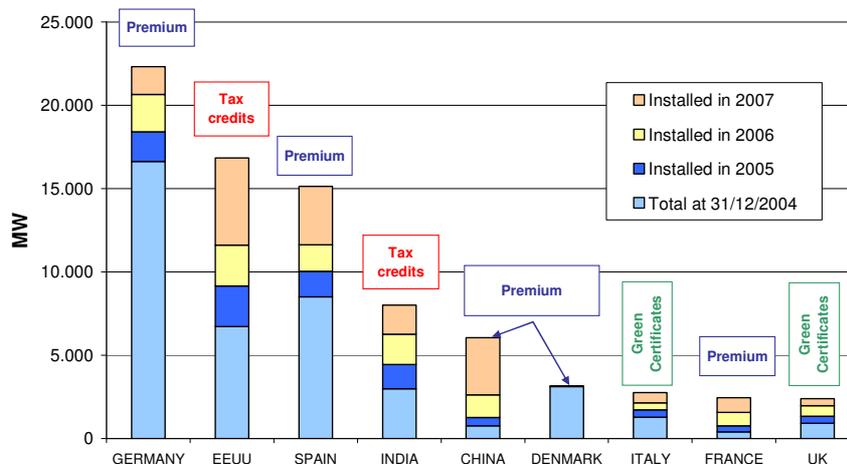
independencia del nivel de producción del parque eólico. Este es el caso de España donde a su vez la remuneración puede ser a tarifa regulada o a tarifa del Mercado Eléctrico.

- Certificados Verdes con cumplimiento de cuota (TGC): Determinación de una cuota objetivo de generación eléctrica renovable. La generación por renovables es vendida al precio que marca el mercado eléctrico y adicionalmente existirán ingresos por la venta de certificados de derechos de emisión. Los precios dependerán de la cuota objetivo que es determinada por el mercado de certificados.
- Por concursos públicos del sector
- Incentivos fiscales y subvenciones a la inversión



Esquemas regulatorios predominantes en el marco europeo (Fuente: Fraunhofer)

Si se compara la efectividad de los mecanismos retributivos, los sistemas basados en Incentivos o Primas son más efectivos que el resto de mecanismos de apoyo conforme al gráfico que se incluye a continuación



Comparación de mecanismos retributivos por países (Fuente: EWEA, WWEA y AEE)

Adicionalmente, en los países con mecanismos de certificados el precio de venta de la energía alcanzado es mayor que en aquellos países con sistemas de Feed-in Tariff, sin que por ello se aprecie un aumento considerable de las instalaciones para la generación de energías renovables.

La inversión específica en parques eólicos (€/MW) se ha reducido de forma progresiva a prácticamente la mitad en los últimos 20 años debido al incremento de tamaño, a la estandarización de productos al aumentar la demanda y a las mejores tecnologías. Sin embargo, en los últimos años esta tendencia ha cambiado, observándose un incremento de este parámetro debido, por un lado, a que ese mayor tamaño no ha absorbido la reducción de costes y por otro a la mayor complejidad requerida a las máquinas para su integración en la red, sin olvidar el aumento del coste del acero, que conforme a las previsiones actuales aumentará a un ritmo igual o superior del 3% motivado por el fuerte crecimiento de la demanda internacional. La distribución del coste de inversión en un parque eólico es la siguiente:

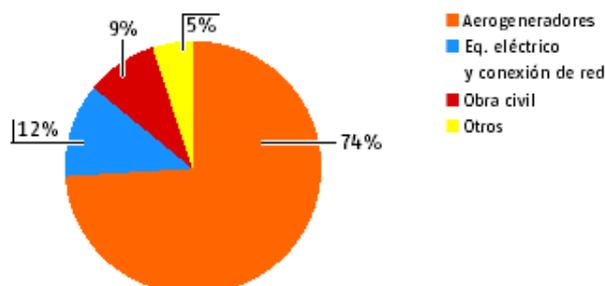


Gráfico de distribución del coste de inversión (Fuente: AEE).

La energía eólica en México

• Situación Actual:

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación eólica para la generación eléctrica, entre ellas destacan la zona del Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, La Rumorosa en el estado de Baja California, así como en los estados de Zacatecas, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, y en la Península de Yucatán. A finales de 2009, la capacidad instalada en generación eólica superaba los 250 MW de potencia, mientras que la capacidad autorizada está en torno a los 2.300 MW, por lo que existe parte de la capacidad que aún están en desarrollo.

El desarrollo de estos proyectos eólicos en México es consecuencia de una combinación de inversión nacional y extranjera.

La Asociación Mexicana de Energía Eólica estima que el potencial de capacidad es de 10.000 MW. Por otro lado, los estudios del Instituto de Investigaciones Eléctricas establecen un potencial competitivo en 5.000 MW y un potencial probable en 15.000 MW. La perspectiva de desarrollo que maneja la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es de 7.000 MW. En el siguiente mapa se muestran la localización y el avance de los proyectos eólicos.



Distribución geográfica del recurso potencial eólico (Fuente: CFE).

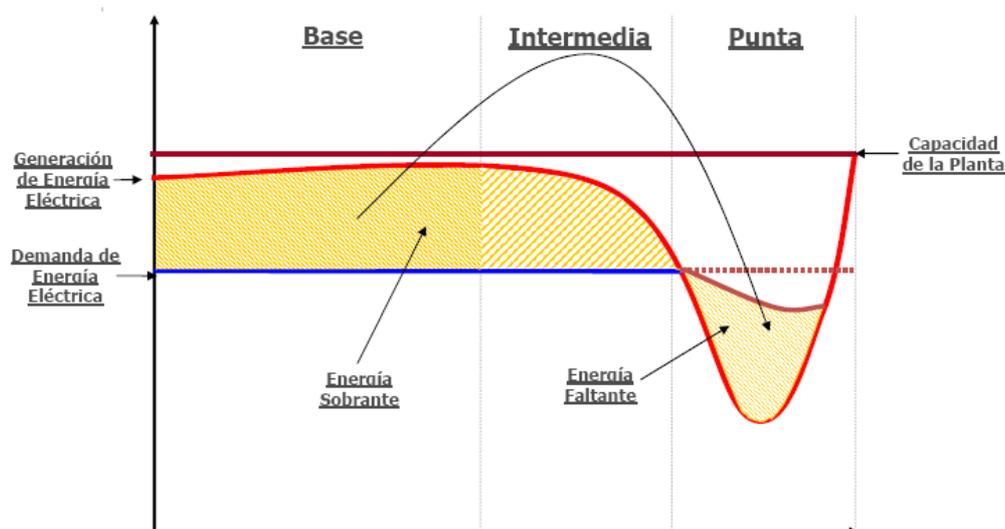
• Marco Regulatorio del Sector

El marco regulatorio que afecta a las instalaciones de energía eólica, además del expuesto en el apartado anterior, viene definido por los siguientes documentos:

El 7 de septiembre de 2001, la CRE publicó en el DOF la RES/140/2001 por la que se aprobaron la metodología para la determinación de los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica, y los modelos de contrato de interconexión y de convenios de transmisión para fuentes de energía renovable de tipo intermitente. Los proyectos que se benefician con estos instrumentos están relacionados con el aprovechamiento de la energía eólica, solar e hidroeléctrica con volúmenes de agua limitados y cuando no se tiene el control sobre las extracciones de agua. A la fecha se han realizado cuatro modificaciones al contrato de interconexión con la finalidad de brindar al permisionario una mayor claridad y flexibilidad para el manejo y operación de su proyecto.

Con la modificación en 2006 del modelo de contrato de interconexión se busca reconocer la potencia que aportan los equipos de generación de energía eléctrica del

permisionario a las horas de máxima demanda del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Así mismo, la modificación prevé que el intercambio de energía eléctrica basado en el cargo por la energía de la tarifa correspondiente se realice a través del cargo variable de las tarifas eléctricas, buscando así una mayor transparencia en la determinación de la cantidad de energía que el permisionario intercambia con sus socios.



Intercambio de energía eléctrica (Fuente: CRE).

En 2007 se modifica el modelo de contrato de interconexión y la metodología, para la determinación de los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica para fuente de energía renovable. Con la modificación al contrato de interconexión, se da la posibilidad a permisionarios en la modalidad de autoabastecimiento, que entreguen energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, o de entidades federativas o del gobierno federal, la utilización del contrato de interconexión utilizando cualquier fuente de energía renovable (biogás, biomasa, geotermia, etc), ya que anteriormente sólo se utilizaba para fuentes renovables del tipo intermitente (sol, viento y agua).

Temporada abierta de reserva de capacidad de transmisión:

Se comenzó al detectar que las redes de transporte no tenían capacidad para absorber toda la generación eólica de la zona de Oaxaca. De esta forma la CRE, la

CFE y la SENER acordaron llevar a cabo una Temporada Abierta (TA) para determinar la capacidad de transmisión que los desarrolladores privados estarían dispuestos a reservar bajo bases firmes e irrevocables, con objeto de contar con los elementos necesarios para justificar la autorización de los recursos necesarios para un proyecto de obra pública financiada a ser ejecutado por CFE a partir de 2009.

- **Barreras a la energía eólica**

Barreras Tecnológicas:

Las tecnologías de energía eólica, son tecnologías maduras y conocidas, especialmente en los países más desarrollados donde el mercado ha alcanzado una cierta madurez. Pero en el caso de México, éste es un mercado incipiente en el que se han detectado barreras de carácter tecnológico que impiden su crecimiento. A continuación se analizan las principales barreras detectadas:

- **Adecuación técnica de los equipos:**

Falta de adaptación de los aerogeneradores a los regímenes de viento específicos de cada zona. En concreto, en la zona de Oaxaca, los vientos son muy fuertes y constantes, llegando a superar la velocidad de corte de las máquinas que se considera a partir de los 25 m/s. Estos regímenes de vientos, además de dificultar las labores de operación y mantenimiento de las máquinas, favorecen el deterioro prematuro de las mismas.

Otro aspecto de diseño a tener en cuenta es que en esta zona hay una incidencia significativa de descargas atmosféricas. Los sistemas de protección actuales no siempre son suficientes y en ocasiones las máquinas quedan dañadas seriamente.

- **Integración en la red:**

El problema a solucionar es cómo integrar en el sistema un contingente considerable de generación de incorporación prioritaria cuya disponibilidad es aleatoria de localización libre y atomizada, y que ante situaciones de inestabilidad actualmente se desconecta del mismo, obligando al resto de generación a incrementar su cuota de

participación en los servicios complementarios del sistema, imprescindibles para su buen funcionamiento.

Además, debemos tener en cuenta que los parques eólicos se localizan generalmente en áreas con baja densidad de población, donde frecuentemente las redes eléctricas son débiles y requieren ser reforzadas y mejoradas. Además la infraestructura de las redes de transporte y distribución es muy débil y con grandes pérdidas.

La aparición de huecos de tensión y el control de la potencia reactiva, son también aspectos particulares de la integración a red de los parques eólicos.

- **Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados:**

El mercado de la energía eólica en Ecuador es un mercado poco maduro, lo que hace que la demanda existente de los diferentes servicios asociados a esta tecnología, como son servicios de ingeniería, instalación y mantenimiento, sea baja.

Además de la escasez de servicios, también se ha detectado la escasez de proyectistas, instaladores y mantenedores calificados.

Otras Barreras:

- **Regulatorias:**

Es fundamental un marco regulatorio adecuado a la tecnología y que impulse su uso. Una de las barreras del marco regulatoria actual es que los generadores eólicos no pueden vender la energía directamente al SEN, ya que no existe una venta de energía libre. Si no que deben formar sociedades, con industrias, municipios, etc a los que entregan la energía bajo un contrato de interconexión de autoabastecimiento.

- **Posesión de tierras:**

El régimen de propiedad existente en la zona de mayor potencia de energía eólica, Oaxaca, y la dispersión de los propios propietarios, complica la adquisición de tierras por parte de los promotores de las empresas eólicas.

4. RESULTADOS

Medidas propuestas

- **Adecuación técnica de los equipos:**

El reto tecnológico es proveer de suministro eléctrico con equipos robustos y adecuados a cada localización resultando una instalación duradera y fiable. Para ello es necesario desarrollar centros tecnológicos que permitan desarrollar capacidades locales avanzadas de forma que las máquinas que se utilicen estén diseñadas para soportar las condiciones locales de funcionamiento. De hecho, se está trabajando en la creación de un Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE), que estará ubicado en Oaxaca.

- **Integración en la red:**

Utilización de métodos de predicción. De hecho existen diferentes métodos de predicción a fin de estimar un valor de la potencia eólica, y éstos varían entre el uso de modelos estadísticos a modelos físicos o una combinación entre ambos. Asimismo la predicción podría basarse en la estimación de producción para un conjunto de parques eólicos, o utilizar distintos métodos de predicción sobre un mismo parque, con el fin de mejorar el conocimiento y por consiguiente el resultado.

También es necesario concertar con las compañías eléctricas y los promotores de parques eólicos en colaboración con las autoridades de ámbito local o estatal la resolución de los problemas que supone la integración en la red de los parques eólicos. Un ejemplo de coordinación eficaz con el operador del sistema es el centro de control de energías renovables (CECRE), que Red Eléctrica Española ha creado y puesto en marcha. Este centro es único en el mundo y controla y coordina la generación de todos los productores de energía eólica instalados en España.

Respecto a la adecuación de huecos de tensión, se recomienda la utilización de tecnología que cumpla con los requisitos de respuesta frente a huecos de tensión. Los países con una gran penetración de esta tecnología, como es el caso español, tienen definidos estos requisitos en los procedimientos de operación.

Por último, el control de la potencia reactiva debe adecuarse a las exigencias del operador del sistema del país, y además pueden existir complementos retributivos.

- **Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados:**

Reforzar la capacitación técnica de los agentes del sector a través de cursos de formación. En este punto, el poder contar con la experiencia de países europeos donde el sector ha alcanzado una cierta madurez, resulta muy interesante. Por ejemplo, la promoción de alianzas que permitan la transferencia tecnológica entre firmas de ingeniería internacionales y las firmas de ingeniería locales sería una buena medida. Como se ha comentado, se está trabajando en la creación del Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) ubicado en Oaxaca y esta infraestructura permitirá el desarrollo de capacidades locales y nacionales.

- **Regulatorias**

Los marcos regulatorios deben facilitar la conexión de las instalaciones al sistema eléctrico, además de dar una adecuada remuneración para garantizar la viabilidad económica de los proyectos.

Cualquier tipo de marco regulatorio debe establecer los siguientes mínimos:

- **Suficiente:** La remuneración debe permitir un aceptable nivel de beneficio acorde con la inversión.
- **Predecible:** Para que nos permita prever el ingreso durante toda la vida útil de la instalación.
- **Sostenible:** A través de incentivos o bien por el sistema tarifario y/o fiscalidad.
- **Integrado:** Debe favorecer la integración de la energía eólica dentro del sistema eléctrico.

5. REFERENCIAS

- *“Estrategia Nacional para la Transición Energética y aprovechamiento Sustentable de la Energía”*. SENER. Año 2009.
- *“Balance Nacional de Energía”*. SENER. Año 2008.
- *“Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México”*. SENER y GTZ. Año 2009
- *“Políticas y Medidas para Fomentar la Integración Nacional de Equipos y Componentes para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Uso Sustentable de la Energía”*. SENER. Año 2009.
- *“Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables”*. SENER. Año 2009.