



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
PUEBLA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS SOCIALES

ESCUELA DE RELACIONES INTERNACIONALES

**El estudio de la geopolítica energética para la implementación de
parques eólicos y el consecuente sustento de la seguridad
energética en México**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN
RELACIONES INTERNACIONALES**

PRESENTA

Adriana Angélica Bazán Fuster

ASESOR

Dr. Fausto Quintana Solórzano

PUEBLA, MÉXICO

2012



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“El éxito no se logra sólo con cualidades
especiales. Es sobre todo un trabajo de
constancia, de método y de
organización”.*

Víctor Hugo

INTRODUCCIÓN	6
1 GEOPOLÍTICA	12
1.1 LA SEGURIDAD ENERGÉTICA DE MÉXICO	13
1.2 LA SEGURIDAD ENERGÉTICA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	16
1.2.1 <i>Patrones de consumo energético en el mundo</i>	18
1.2.2 <i>Patrones de consumo energético en México</i>	21
1.2.3 <i>Diversificación de la matriz energética</i>	24
1.3 CONSECUENCIAS GEOPOLÍTICAS DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA	25
1.3.1 <i>Geopolítica energética</i>	25
1.3.2 <i>Situación actual de las energías renovables</i>	31
2 CONTEXTO MUNDIAL DE LA ENERGÍA EÓLICA	35
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ENERGÍA EÓLICA	36
2.1.1 <i>¿Cómo funciona un aerogenerador?</i>	36
2.1.2 <i>Capacidad de suministro de energía eléctrica</i>	39
2.2 PANORAMA DE LA INDUSTRIA Y EL MERCADO DE LA ENERGÍA EÓLICA	43
2.2.1 <i>Países con mayor industria eoloeléctrica</i>	46
2.2.2 <i>Prospectiva de la energía eólica en el mundo</i>	52
3 ENERGÍA EOLOELÉCTRICA EN MÉXICO	56
3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA EÓLICA	57
3.1.1 <i>El papel del sector privado</i>	66
3.1.2 <i>Marco legal, regulatorio y jurídico</i>	68
3.2 POTENCIAL DE LA INDUSTRIA EOLOELÉCTRICA MEXICANA	71
3.3 DESAFÍOS POLÍTICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PARQUES EÓLICOS	76
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	86
HEMEROGRAFÍA	90
DIRECCIONES ELECTRÓNICAS OFICIALES	95
LISTA DE ABREVIATURAS	98

TABLAS

Tabla 1. Países productores de petróleo crudo, 2012	13
Tabla 2. Las diez empresas de manufactura de aerogeneradores con mayor venta en el mercado en el 2011	45

RECUADROS

Recuadro 1. Seguridad energética	15
Recuadro 2. Los determinantes políticos que actúan sobre el equilibrio geopolítico del mundo.....	27
Recuadro 3. Principales características de la tecnología eólica	37
Recuadro 4. Áreas de investigación y desarrollo	44
Recuadro 5. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.....	69
Recuadro 6. Ley Orgánica de Administración Pública Federal	76

GRÁFICAS

Gráfica 1. Estructura de las emisiones de CO ₂ del consumo energético por sector de consumo 2010.....	18
Gráfica 2. Estructura de la producción de energía primaria 2010	22
Gráfica 3. Consumo final energético por sector y energético 2010.....	23
Gráfica 4. Distribución del uso de los recursos energéticos en el mundo	32
Gráfica 5. Tendencias regionales en la generación de energía renovables.....	32
Gráfica 6. Capacidad mundial eólica total instalada	48
Gráfica 7. Los diez países con mayor capacidad de energía eólica (MW).....	49
Gráfica 8. Proyección de la capacidad eoloeléctrica mundial (GW), y su participación en la oferta mundial de energía eléctrica (%), 2010-2030.....	54
Gráfica 9. Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional por tipo de energético (GW)	59
Gráfica 10. Distribución de inversiones en fuentes de energía renovable en México, 2005-2011	66

Gráfica 11. <i>Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional en 2026, escenario inercial</i>	73
Gráfica 12. <i>Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional en 2026, Escenario ENE con energía eólica</i>	74

IMÁGENES

Imagen 1. <i>Parque eólico onshore</i>	38
Imagen 2. <i>Parque eólico offshore</i>	38
Imagen 3. <i>Mapa de la velocidad del viento a 80 m. de altura</i>	41
Imagen 4. <i>Proyectos eólicos 2007-2012</i>	61
Imagen 5. <i>Zonas de aprovechamiento potencial para la generación eoloeléctrica</i>	63
Imagen 6. <i>Distribución geográfica del recurso potencial eólico</i>	71
Imagen 7. <i>Clasificación del potencial eólico según su escala de aplicación</i>	72

INTRODUCCIÓN

La viabilidad de un estudio geopolítico que identifique las estrategias que México está realizando para el posicionamiento de la industria eoloeleétrica dentro del país es de interés para el campo disciplinar de las Relaciones Internacionales. Este interés se alimenta del cambio de perspectiva de la seguridad energética de los países por los esfuerzos que se realizan para la mitigación del cambio climático y la reducción de los impactos ambientales. En consecuencia, el posicionamiento de las energías renovables se muestra como alternativa del suministro energético confiable, seguro y estable.

Por lo anterior, el valor de analizar las acciones presentes y futuras de México para la construcción de parques eólicos para la administración del suministro de energía eólica a lo largo del territorio nacional y para exportación, y las acciones de los sectores público y privado, tanto nacional como extranjero, para el desarrollo de la industria eoloeleétrica conlleva a reflexionar en qué medida existe una conciencia y racionalidad de los recursos naturales renovables dentro del territorio mexicano.

El interés de la reflexión geopolítica en el acceso, la dominación y el control de los recursos naturales necesarios que suministran la energía para la supervivencia y desarrollo de una nación es el eje de estudio de esta investigación.

Las geopolíticas de los países se correlacionan porque están inmersos dentro del orden energético global, dispositivo estructural de distribución de las hegemonías dentro del conjunto de las fuentes energéticas¹. Este es el esquema en el que a los Estados se les puede estudiar como suministradores o importadores de energía, cuyo factor de éxito es el control sobre la tecnología, las patentes y la aplicación de proyectos a favor de la acumulación y dependencia de energéticos foráneos.

¹ Luis Manuel Rodríguez. *La energía en el centro de la geopolítica del siglo XXI*. Disponible en: <http://geopoliticaxxi.wordpress.com/2011/04/23/la-energia-en-el-centro-de-la-geopolitica-del-siglo-xxi/>

La relación recíproca entre las geopolíticas de los países es tan fuerte a nivel global, al igual que los factores de recursos naturales, territoriales, espaciales y políticas públicas internacionales, que esta tesis se ocupará solamente del espacio geográfico mexicano; en todo el territorio dentro de sus fronteras, mar territorial y espacio aéreo.

Por ahora, lo que propone esta investigación es recurrir al estudio de la geopolítica energética para el aprovechamiento de recursos naturales para la generación de energía eólica en México; con el uso de tecnologías propias o extranjeras, con capital, ya sea público o privado. Y a la par, responder a la interrogante de si el estudio de la geopolítica energética mejoraría la estrategia del gobierno mexicano en el aumento de la participación de la energía eólica a la matriz energética del país.

El primer parque eólico registrado en México fue en 1994 en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca; sin embargo, con la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en el 2005, el régimen internacional de la mitigación del cambio climático tuvo impacto en la estrategia nacional de energía para el aprovechamiento de las energías renovables y la construcción de parques eólicos, dicho Protocolo que será tomado como el punto de partida para la recolección de datos de este trabajo de investigación.

El término de seguridad energética es primordial para el entendimiento de los conflictos dentro del sistema internacional, como son los esfuerzos para la mitigación del cambio climático, la introducción de la definición de desarrollo sustentable a las agendas de política nacional, así la volatilidad de los precios del petróleo y, recientemente, el desastre nuclear en Japón.

A pesar de los interminables temas que interactúan alrededor de la seguridad energética, se opta el estudio de la geopolítica energética por su enfoque realista y objetivo para el aprovechamiento de los recursos naturales, la posesión de la tecnología y el establecimiento de acciones a favor del Estado mexicano para el suministro de energía.

La geopolítica de cada país responde a las capacidades del Estado de hacer uso de sus recursos naturales y el estudiar las estrategias para el

aprovechamiento de estos. Y en consecuencia, el uso y aprovechamiento racional de estos recursos presume un uso justificado para la mitigación del cambio climático, la dependencia de energéticos foráneos y el abasto confiable y seguro de la energía, se puede sostener una seguridad energética que sobreponga los obstáculos de la incertidumbre del orden energético mundial de la actualidad.

Ciertamente, son muchos los problemas que giran alrededor de la geopolítica energética global, principalmente a México por ser el décimo país productor de petróleo crudo en el mundo, entre ellos: la variabilidad del precio del petróleo y la necesidad de tecnología para la exploración y excavación de pozos profundos.

Como consecuencia de la seguridad energética y de los retos que la nación se plantea para mitigar los problemas del cambio climático, el Estado mexicano planteó políticas públicas para la generación de energía eólica como una de las medidas para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar el porcentaje en la generación de energía eléctrica limpia.

El obstáculo que se presenta en aumentar el porcentaje de la energía limpia basada en energía eólica, dentro de la matriz energética del país, subyace en el escaso compromiso del Estado para la colocación de parques eólicos; a pesar de que el poder Ejecutivo Federal implementó promulgó la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, así como la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2012-2026.

La voluntad del Ejecutivo Federal, que se ve reflejada en las propuestas, acciones y decretos que ha dado a conocer para el aprovechamiento de las energías renovables, tiene que ser congruente con las capacidades de las instituciones gubernamentales como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) las cuales tienen la responsabilidad exclusiva de la generación, transformación, transmisión y distribución de la electricidad.²

² Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, México, 2012.

El atraso tecnológico de las paraestatales mexicanas produce una dependencia de las corporaciones transnacionales, las cuales no pueden implementar parques eólicos sin licitaciones ni permisos por parte del Estado mexicano. Como consecuencia, la dependencia de las empresas multinacionales hacia el Estado y viceversa, es una característica de la geopolítica de energía eoloeléctrica de nuestro país.

Más allá de esta dependencia implícita, el gobierno mexicano ha declarado que no subsidiará a la energía eólica³, sino más bien incentivará a las empresas privadas, corporaciones transnacionales y organismos internacionales a facilitar la construcción de los parques eólicos y la transferencia de tecnología, sobre todo de capital humano que esté capacitado para supervisar e implementar los proyectos.

De esta manera, la hipótesis de esta tesis es: “El estudio de la geopolítica energética puede aumentar la participación de la energía eólica para el sustento de la seguridad energética de México”.

Por lo tanto, el objetivo de la tesis es demostrar que el aumento de la energía eólica es consecuencia de las geopolíticas energéticas de los países en la búsqueda de la seguridad energética.

Para introducir los temas que sirven para afirmar o rechazar la hipótesis, la disciplina de las Relaciones Internacionales se permite recolectar datos de varias disciplinas, analizarlos y contextualizarlos de acuerdo al tema de investigación que se está realizando. La ventaja del método deductivo que se utilizará, mismo que procede lógicamente de lo universal a lo particular⁴, deja al investigador la libertad de utilizar las premisas y teorías que mejor le convengan para la respuesta de su hipótesis.

El estudio de varios temas y conceptos, que parten de la teoría de los sistemas y subsistemas, ayudará a entrelazar y ligar los datos que se necesitan para poder estudiar el caso en particular que se quiere llegar a explicar.

³ Secretaría de Energía, *Boletín de Prensa 022*. SENER, México, 2012.

⁴ Real Academia Española. Disponible en:
http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=deducción

Siguiendo la línea del estudio de la geopolítica, el método empírico para la observación de los hechos toma al Estado como el protagonista de las políticas públicas y de las acciones del sector público y privado para la preservación de un Estado soberano y próspero.

Asimismo, para analizar un estudio deductivo de carácter geopolítico, se debe comenzar con la conceptualización de la seguridad energética y la observación de las acciones que los demás países están llevando a cabo en el tema, a través de la energía eólica.

En ese caso, para efectos de presentación, la tesis se divide en tres capítulos. En el primer capítulo, se describe la seguridad energética que hace uso de la geopolítica energética para la autopercepción del Estado que favorecerá a que se creen condiciones políticas, institucionales, económicas, tecnológicas y sociales para estar a la altura de la energía eólica.

Por consiguiente, se presenta en el segundo capítulo el uso las energías renovables para introducir características principales de la energía eólica, sus ventajas y desventajas; así como la incursión de la industria eoloeléctrica en el mundo. A su vez, la energía eólica en México es presentada en el tercer capítulo, mismo que enumera el marco jurídico-legal, los actores principales, las ventajas, los obstáculos y la prospectiva de los proyectos eólicos en el país.

*“La edad de piedra no terminó por
falta de piedras, y la era de los
combustibles fósiles tampoco
terminará por el agotamiento del
petróleo, el gas natural y el carbón”*

José Santamarta Flores.

1 Geopolítica

Con diversos acontecimientos internacionales como la incertidumbre de los países exportadores de petróleo en el Medio Oriente, con la Primavera Árabe, el desastre nuclear ocurrido en Japón, el histórico derrame de petróleo en el Golfo de México, los retos del cambio climático y la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, se puede observar que existe un interés de la reflexión geopolítica para acceder y dominar los recursos que suministran la energía necesaria para la supervivencia y continuidad de los países.

La cuestión de los energéticos en el mundo es controversial debido a su complejidad, y es por ello que, existen diferentes enfoques para estudiar dicho asunto. La geopolítica energética es el concepto que sirve a esta investigación, ya que analiza el territorio, el espacio, los recursos naturales y su repercusión en las acciones del hombre para la obtención del suministro energético. Este suministro energético, debe ser confiable, seguro y amigable con el medio ambiente; por ello, se debe conceptualizar la definición de seguridad energética, misma que es la unidad de análisis de la geopolítica energética en esta investigación.

1.1 La seguridad energética de México

En México es inevitable hablar de seguridad energética sin referirse a que es el décimo país productor de petróleo crudo en el mundo.⁵ Aunado a eso, los problemas medulares del sector energético mexicano están relacionados con la ineficiencia de la producción petrolera, el declive de las finanzas de la empresa Petróleo Mexicanos (PEMEX), y la creciente dependencia de combustibles importados.

Tabla 1. Países productores de petróleo crudo, 2012

No.	Productor	1000 barriles /diarios
1	Federación Rusa	9,943.3
2	Arabia Saudita	9,311.0
3	Estados Unidos	5,658.6
4	República Popular China	4,079.0
5	República Islámica de Irán	3,576.0
6	Iraq	2,652.6
7	Kuwait	2,658.7
8	Venezuela	2,880.9
9	Emiratos Árabes Unidos	2,564.6
10	México	2,555.0

Fuente: Elaboración propia con información de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, 2012.

⁵ Organización de Países Exportadores de Petróleo, 2012.

En México han disminuido las reservas petroleras, las cuales pasaron de casi 50,000 millones de barriles hace 20 años a sólo 13,800 millones para finales del 2012. Las actividades productivas del petróleo han quedado fuera del territorio nacional con el consecuente impacto en el empleo y las importaciones de productos.

Situación que se refleja en la ineficacia para administrar el petróleo, mayor insumo energético del país. Lo cual se refleja en la precaria definición del término de seguridad energética en la legislación y su aparición en las agendas nacionales de planeación y estrategia.

Por su parte, Jorge Eduardo Navarrete, diplomático mexicano, esclarece el término de seguridad energética como:

“La capacidad de un país para satisfacer –de manera suficiente, oportuna, competitiva y con productos de menor impacto ambiental– la demanda nacional de energía, en el presente y por un periodo razonable hacia el futuro, que suele medirse por lustros y decenios más que por años. La seguridad energética tiene contenidos diferentes en función de la disponibilidad de recursos.”⁶

Este último argumento, “la seguridad energética tiene contenidos diferentes en función de la disponibilidad de los recursos” se toma como referencia para plantear que, en efecto, la conciencia y racionalización de la disponibilidad de los recursos dirige a resultados distintos.

Si bien México es un país que cuenta con privilegios en recursos naturales, posición geográfica, insumos energéticos y capital humano, aún carece de autopercepción para contar con la “capacidad de un país para satisfacer la demanda nacional de energía.”

Asimismo, la seguridad energética maneja insumos competitivos y de menor impacto ambiental, para garantizarla demanda nacional, tanto presente como futura; esta percepción del tiempo es necesaria y habrá que retomarla más adelante.

En otras palabras, la comunidad internacional a través de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) define a la seguridad energética en el siguiente recuadro.

⁶ José Eduardo Navarrete, “Seguridad y Transición energéticas”, *Metapolítica*, no. 60, julio-agosto 2008.

Recuadro 1. Seguridad energética

La seguridad energética mundial, de acuerdo con los principios de la Agencia Internacional de Energía, debe considerar la insustentabilidad de las tendencias energéticas actuales en cuanto al aumento del consumo mundial de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. De hecho, los estados miembros de esta agencia, han establecido compromisos muy fuertes en materia de seguridad energética a través de:

- a) Limitar la dependencia exterior de energéticos
- b) Disminuir la vulnerabilidad de sus economías por los elevados y volátiles precios de la energía a través, principalmente de la eficiencia energética.
- c) Reducir el impacto ambiental de una creciente dependencia del mundo a las energías fósiles.

Fuente: Rubén José Dorantes Rodríguez. *Op. Cit.*, pág. 6.

En dicho concepto, la disponibilidad de los recursos y el aprovechamiento de los mismos garantizan la capacidad de un Estado en obtener poder mediante la independencia energética frente a los demás países. No obstante, el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)⁷ que ocasionan el fenómeno del cambio climático en el mundo se toma como referencia para la diversificación de la matriz energética y el sustento de la seguridad energética de un país.

Por consiguiente, la energía desempeña un rol fundamental en las sociedades del mundo industrializado, pues el comportamiento socio-económico de la humanidad presenta una dependencia energética.⁸ Su carencia o costo económico generan desequilibrios políticos y económicos a escala mundial, hecho que se constituye de una preocupación de carácter global.

⁷ Gases de efecto invernadero: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), halocarbonos (HFC, PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). De acuerdo al anexo A del Protocolo de Kioto.

⁸ Gabriel Ordóñez Playa y Germán Alfonso Osma Pinto, "Desarrollo sostenible en edificaciones", *Perspectivas UIS Ingenierías*, no. 1, junio 2010.

El reto para el Estado mexicano es superar la cuestión de ser un país consumidor de combustibles refinados a pesar de contar con reservas potenciales de explotación de petróleo crudo; además de tomar ventaja de la disponibilidad de los recursos naturales para la independencia energética frente otros actores, tanto estatales como no estatales.

Por su parte, los actores privados ven a la seguridad energética como estrategia para el mercado, pues la definen como el factor clave de éxito en el posicionamiento de México en el índice global de competitividad. Así mismo, las graves deficiencias en este campo son una verdadera barrera para transitar exitosamente hacia una descarbonización de la economía, por lo que urge una reforma energética integral que garantice el suministro de energía más económica, limpia y eficiente.

Además, se requiere también potencializar la generación de energía a través de incentivos que eliminen las actuales restricciones burocráticas, mismas que detienen el desarrollo energético. El sector privado ya está tomando medidas, genera paulatinamente su propia energía a partir de fuentes renovables con el apoyo de incentivos que favorezcan la implementación de tecnologías y la diversificación eléctrica.⁹

1.2 La seguridad energética ante el cambio climático

La seguridad energética es foco del debate político internacional y preocupación central de los gobiernos en la definición de sus políticas públicas; contrario a otros momentos de crisis, hoy la seguridad energética no despierta un sentimiento de confrontación sino de diálogo y de cooperación entre los diferentes actores involucrados.¹⁰

Actualmente el reto es garantizar la seguridad energética mientras se pretende mitigar el cambio climático; este desafío transfronterizo pasa por la cooperación internacional y la búsqueda de acuerdos que permiten adoptar políticas tendientes a asegurar el abasto seguro y confiable de energía a precios

⁹ Consejo Coordinador Empresarial. *Cambio climático: una oportunidad para el sector empresarial*. Comisión de Estudios del Sector Privado para el desarrollo sustentable, México, 2009, pág. 5.

¹⁰ Lourdes Melgar y Enrique Velasco Ibarra. *Op. Cit.*, pág. 112.

competitivos, sin incrementar aún más las emisiones de GEI. Por lo que se le incluyen factores geopolíticos, regulatorios, financieros y temporales.¹¹

El informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) afirma que se han incrementado a más de un tercio, en el último siglo, las concentraciones de bióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Entre sus efectos traerá consigo: intensificación de los ciclos hidrológicos, patrones de escasez de agua y precipitaciones; el nivel del mar aumentará a más de un metro en este siglo y se espera la extinción de alrededor del 15 al 40% de las especies por la celeridad del cambio climático. Es por ello que, Quadri de la Torre afirma que este fenómeno es el mayor desafío enfrentado colectivamente por la comunidad internacional.¹²

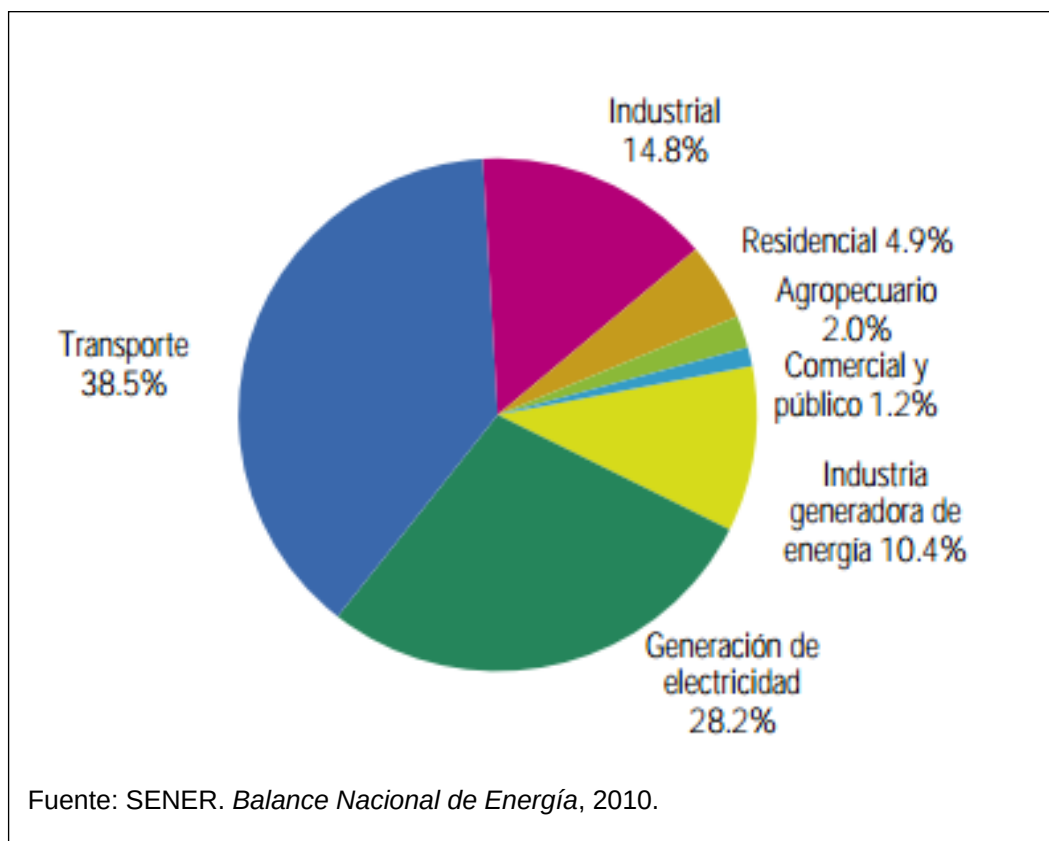
El consumo de combustibles fósiles es responsable de 58% del total de CO₂ en la atmósfera y, de este porcentaje, el 28.2% proviene de la generación de energía eléctrica.¹³ Por consiguiente, la transición energética basada en fuentes renovables, podría garantizar el suministro de energía eléctrica a la población para su óptimo desarrollo económico y social.

¹¹ *Ibidem*, pág.114.

¹² Gabriel Quadri de la Torre. "Calentamiento global, bienes públicos y mercado de carbono". *Foreign Affairs en español*, no. 3, julio-septiembre 2007.

¹³ *Ibidem*, pág. 113.

Gráfica 1. Estructura de las emisiones de CO₂ del consumo energético por sector de consumo 2010



1.2.1 Patrones de consumo energético en el mundo

Según las proyecciones, el consumo de energía en los países en desarrollo crecerá a un ritmo promedio anual del 3% entre 2004 y 2020. En los países industrializados con economías maduras y un crecimiento demográfico previsible relativamente escaso, la demanda proyectada de energía crecerá al ritmo más bajo del 0.9 % anual.¹⁴

¹⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “Oferta y demanda de energía: tendencias y perspectivas”, *Bosques y Energía*, FAO, Roma, 2008, pág. 5.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), existe una estabilización en el consumo energético en los países europeos pertenecientes a la OCDE; y a su vez, los países asiáticos, no pertenecientes a la OCDE, favorecen un rápido crecimiento en los últimos años, como es el caso de China.¹⁵

El aceleramiento de las economías de los países emergentes, como India, Brasil y China, está modificando la demanda energética a nivel mundial por el hecho de ser países con una gran demanda de insumos energéticos para su población y su industria.

La demanda energética puede influir en la evolución de los mercados energéticos al modificar parámetros comerciales, potencializar y desarrollar tecnología para la generación de energía eléctrica, transformar regulaciones y mudar las preferencias por combustibles fósiles a combustibles alternativos, como es el caso del biodiesel en Brasil.¹⁶

Al mismo tiempo, los países en desarrollo comienzan a jugar un papel secundario con la ayuda de las compañías transnacionales de energía; éstas son las que, a través de la competitividad y el éxito en la inmersión a mercados foráneos, influenciarán en las regulaciones de algunos países emergentes y en desarrollo para jugar una interacción con los sectores estatales para la reglamentación del mercado energético, tanto nacional como internacional.

La inversión y las estrategias de las compañías energéticas privadas impactarán notablemente a los países en desarrollo, y puede que se modifiquen los sistemas energéticos o que las compañías se adapten a los parámetros de estos países.

El papel decisivo del Estado es disminuir los costos de la tecnología e incentivar el estudio y la investigación para el desarrollo de modelos alternos de energía sustentable, como lo son las energías renovables. A pesar de que el gobierno mexicano ha sido el actor primordial para el abastecimiento y suministro de energía a bajo costos, deberá vigilar el rol del sector privado, controlar y

¹⁵ *Idem.*

¹⁶ Sarah O. Ladislav. *Energy and Development trends: the role of rapidly emerging countries*. Center for Strategic and International Studies, EUA, 2011, pág. 4.

supervisar los tipos de inversiones, así como de estudiar al mercado energético en términos de políticas de precios.

Aun y con los esfuerzos de varios países para suministrar energía eléctrica, el 20% de la población mundial no cuenta con acceso a energía eléctrica, lo que impide establecer las condiciones necesarias para un crecimiento sostenido; este acceso de energía moderna requiere de un apoyo comercial, sobre todo en los países emergentes pues son el principal destino para los nuevos flujos de inversión energética a través de las actividades del sector privado.¹⁷

Existen algunas cuestiones que aún no se resuelven ni se toman en cuenta para sustentar a la seguridad energética del mundo y mitigar el cambio climático. De mantenerse las políticas actuales, la utilización de carbón crecerá 65% más en el 2035; por lo que el carbón adelantará al petróleo como combustible dominante en la matriz energética mundial.¹⁸

Con esfuerzo, la proporción de las energías renovables no hidráulicas en la generación de electricidad pasará del 3% en 2009 a sólo 15% en 2035. Lo cual muestra una preocupación, más no real, de los Estados en invertir en tecnología de generación de energía renovable.

Se estima que en el 2009 se invirtieron cerca de 9,000 millones de dólares (USD) en el mundo para proporcionar un primer acceso a servicios de energía modernos; pero si se quiere lograr un acceso universal para el 2030, será preciso invertir cada año más del quíntuplo de esa cantidad, es decir, 48,000 millones USD.¹⁹ Lo cual muestra que las tendencias de la generación de energía eléctrica deberán diversificarse y buscar a las energías renovables como opción para el suministro seguro y confiable.

Sin duda alguna, facilitar el acceso a la energía para todos en 2030 constituye un objetivo esencial, anunciado por el propio Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), además de proclamarse el año 2012

¹⁷ *Idem.*

¹⁸ *Idem.*

¹⁹ *Ibidem*, pág.10.

como el “Año Internacional de la Energía Sostenible para todos.”²⁰

En perspectiva, la inversión del sector privado es la que más deberá intensificarse, pero esto no ocurrirá a menos que los diferentes gobiernos nacionales establezcan sólidos marcos de gobernanza y regulación e incentiven la capacitación. Así pues, el acceso universal a la energía en 2030 haría que la demanda mundial de combustibles fósiles y las consiguientes emisiones de CO₂ aumentasen menos de un 1%, una cantidad mínima en relación con la contribución que puede aportar al desarrollo y al bienestar de la humanidad.²¹

1.2.2 Patrones de consumo energético en México

La producción de crudo, principal energético primario en México, presentó una disminución de 1% respecto de 2011.²² En cuanto a la producción bruta de gas natural, se observó una disminución de 3%; mientras que la generación de electricidad con energía nuclear disminuyó 43.3% en 2010. Por su parte, la producción de las hidroeléctricas aumentó 38.9% y la de energía solar 21% respecto a 2009.²³

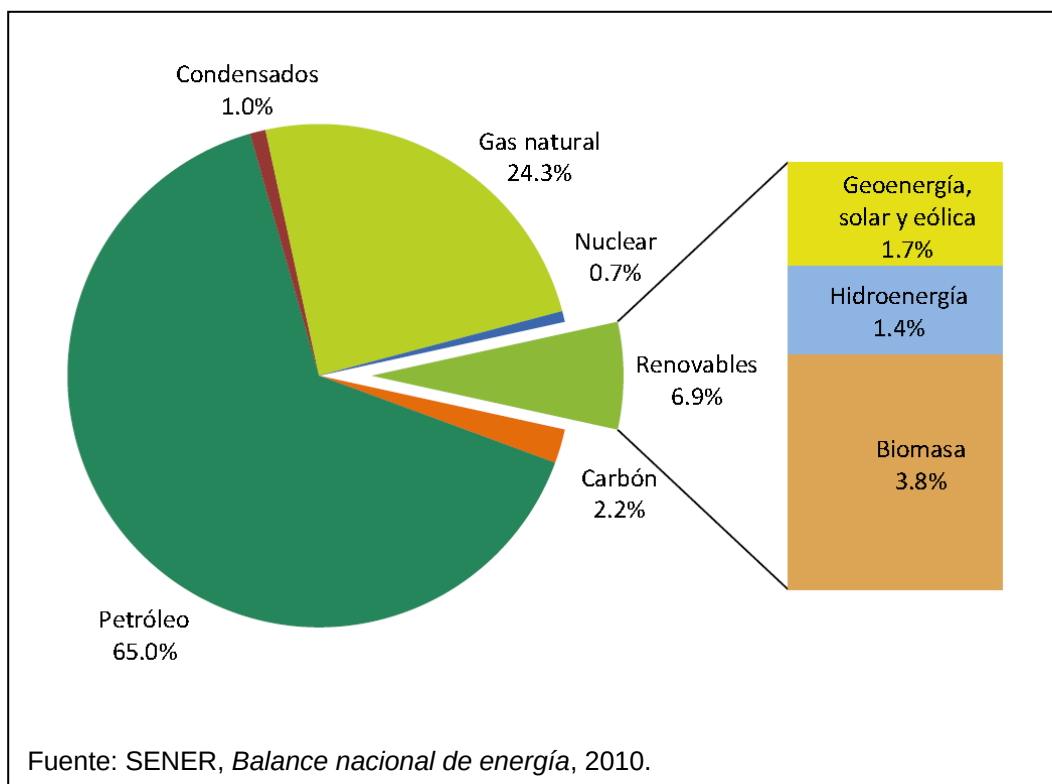
²⁰ Resolución de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas 65/151. 16 de febrero de 2011.

²¹ Agencia Internacional de Energía. *Op. Cit.*, pág. 11.

²² OPEP. Boletín estadístico anual. Organización de Países Exportadores de Petróleo, Austria, 2012.

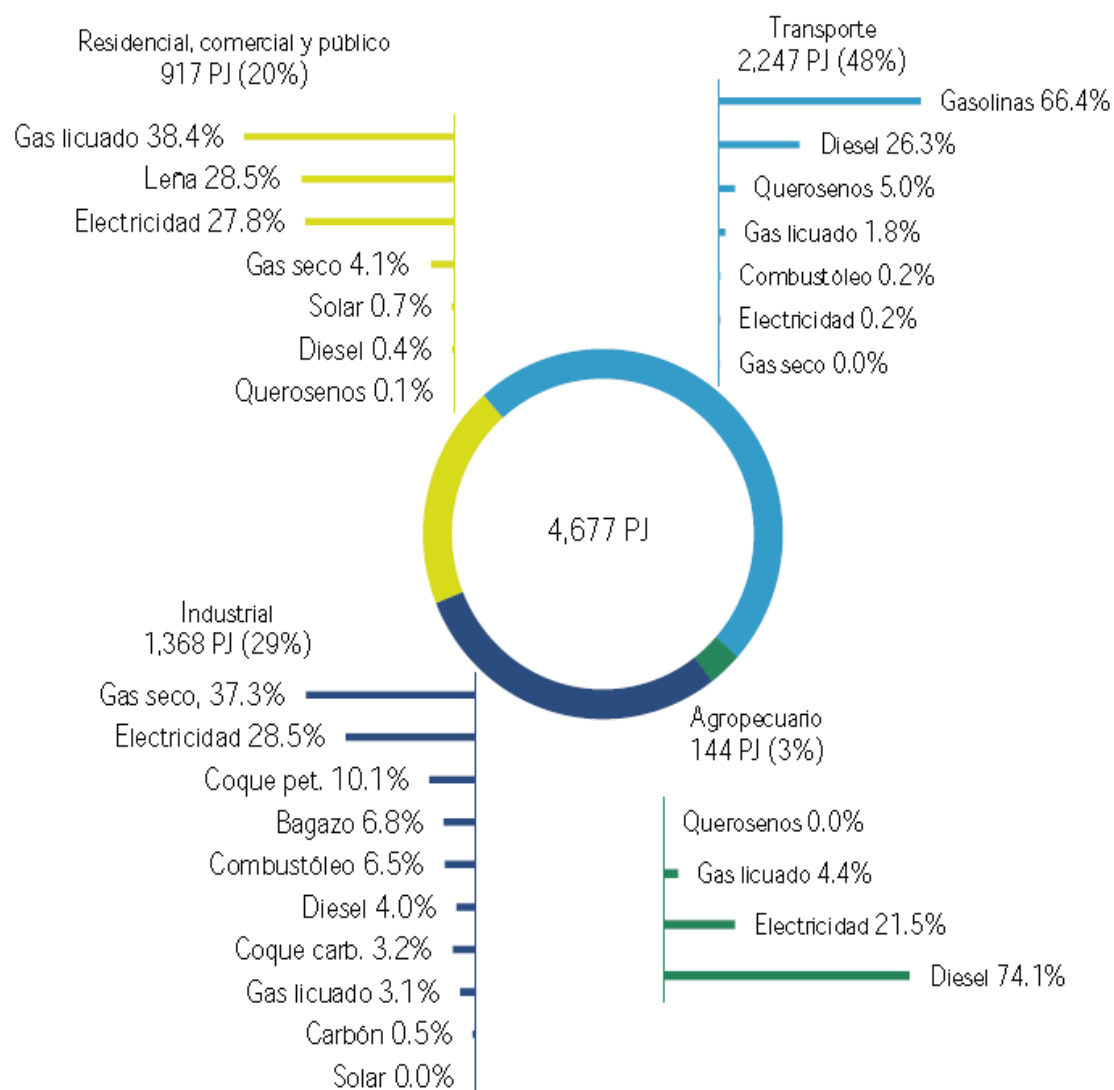
²³ SENER. *Balance nacional de energía*, México, 2010.

Gráfica 2. Estructura de la producción de energía primaria 2010



En México, la primera actividad económica es la extracción de petróleo lo cual explica que el 65% de la estructura de la producción de energía primaria del país sea proveniente de este recurso. Las energías renovables, a pesar de llegar a menos del 10% de la estructura están comenzando a tener espacio, mientras que la nuclear es la que menos participación tiene.

Gráfica 3. Consumo final energético por sector y energético 2010



Fuente: SENER. *Balance nacional de energía*, 2010.

La gráfica anterior es un claro ejemplo de la importancia del consumo de energía eléctrica para el uso residencial e industrial, ya que representa 49% del consumo final por sector y energético.

En gran medida, la economía mexicana depende de los hidrocarburos, pero, en los últimos años, se ha reducido de forma considerable la autonomía energética del país debido a diversos motivos identificados por la Secretaría de Energía (SENER), tales como el agotamiento de yacimientos de petróleo, el incremento en la importación de petróleo refinado, los escasos programas de energías renovables, la dependencia de la generación de energía eléctrica para la industria en el gas y el carbón; entre muchos otros motivos; mismos que obstaculizan la atracción de inversión y el desarrollo de investigaciones tecnológicas para las energías alternativas.²⁴

1.2.3 Diversificación de la matriz energética

La seguridad energética precisa de una diversificación de la matriz energética, la cual considera la insustentabilidad de las tendencias energéticas actuales en cuanto al aumento del consumo mundial de energía y las emisiones de GEI.²⁵

El patrón de consumo de energía que está siguiendo la nación y el mundo se encuentra en descoordinación con la sustentabilidad de los recursos naturales y de la preservación del medio ambiente; tan es así que la brecha entre los que tienen acceso a la energía y los que no, sigue desvirtuando la seguridad energética.

Es por ello que, al diversificar la matriz energética, es decir, buscar fuentes alternativas de energía en las que los recursos que se aprovechen para la generación de energía no afecten los ecosistemas y puedan seguir siendo conservados; se podrá sustentar la demanda nacional de energía para el crecimiento y desarrollo de las industrias y de la población, en general.

Actualmente, por disposición del Protocolo de Kioto, los países en vías de desarrollo juegan un rol importante en las negociaciones para la mitigación del cambio climático sin poner en duda el crecimiento industrial y económico de estos países. Así pues, los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) son utilizados por las

²⁴ Mercedes García Fariña. *El sector de las energías renovables en México*. Oficina de promoción de negocios de EXTENDA, México, 2011, pág. 10.

²⁵ Rubén José Dorantes Rodríguez. *Op. Cit.*, pág. 8.

economías emergentes y sus industrias, los cuales incentivan la generación de energía en congruencia con la preservación del medio ambiente al reducir los GEI, que ocasionan el fenómeno del cambio climático.

Dichos MDL fomentan la diversificación de la matriz energética, para a su vez, reducir la emisión de GEI y diversificar fuentes de energía, así como de incentivar la investigación y el desarrollo de tecnología para la obtención de energía de fuentes renovables.

1.3 Consecuencias geopolíticas de la seguridad energética

Desde la perspectiva tradicional de las relaciones internacionales, los tres factores que deben de estar en equilibrio para mantener la seguridad nacional de un país, son: el territorio, las instituciones y la población; cuando uno de los tres corre un riesgo, se pone en peligro la seguridad de un país.

Con los nuevos temas transfronterizos que aquejan a la seguridad de un país, como: el narcotráfico, el terrorismo, el tráfico de armas y de personas, el cambio climático, entre otros; el término de seguridad nacional se ha expandido y a su vez incorporado diversos términos para especificar a la seguridad nacional en cada fenómeno como: la seguridad alimentaria, la ambiental, la financiera, y la energética, esta última que es el objeto de estudio de esta tesis para la descripción del estudio de la geopolítica energética que traerá como resultado el aumento del posicionamiento de la energía eólica dentro del país.

1.3.1 Geopolítica energética

La geopolítica nace en el siglo XX como la “influencia de los factores geográficos en el desarrollo político de los Estados.”²⁶ Los factores geográficos que se sitúan en un espacio son dependientes de la conciencia y racionalidad de los individuos que lo habitan; a través de esta conciencia, se busca el aprovechamiento y expansión del espacio, que evoluciona a convertirse en propiedad del Estado como territorio. Por su parte, Friederich Ratzel define a la geopolítica como:

²⁶ Alberto Mendoza Morales. *Globalización y geopolítica*, Sociedad geográfica de Colombia, Colombia, pág. 2.

“La ciencia que establece que las características y condiciones geográficas y, muy especialmente, los grandes espacios, desempeñan un papel decisivo en la vida de los Estados.”²⁷

Esto explica que la geopolítica estudia la racionalidad y la conciencia del territorio para poder cuidarlo, supervisarlo, explotarlo y expandirlo, para el bien de su población y sus instituciones.

A través de este primer concepto de geopolítica se fueron formando tendencias y teorías que intentaron explicar el significado de las guerras por la simple geopolítica y su expansión territorial. La primera y la segunda guerras mundiales hicieron que las leyes de la geopolítica se cimentaran, pues dentro del concepto geopolítico de *Lebensraum*²⁸, se buscó expandir el territorio vital para el desarrollo de los países, misma concepción que fue estudiada por Adolfo Hitler en sus teorías expansionistas.

Posteriormente, en el periodo de la Guerra Fría el posicionamiento de los países cambió, y el concepto geopolítico de *heartland*,²⁹ o pivote del mundo en el Cáucaso, de Harold Mackinder tomó resonancia durante la época de contención de los Estados Unidos (EE.UU.) hacia la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS).

Actualmente, la teoría geopolítica continúa explicando algunos los fenómenos de nuestro entorno como las estrategias por la búsqueda de suministros energéticos, agua y alimentos, mismos que son consecuencia de problemas políticos, sociales y económicos entre países.

Asimismo, a través del entendimiento de los acontecimientos mundiales se puede tener una reflexión sobre la visión que tiene un Estado sobre sí mismo y las características internas que lo ayudan a sobreponer o sobrellevar obstáculos. Es así como el Almirante Lorenzo del Peón Álvarez interpreta los determinantes políticos que actúan sobre el equilibrio geopolítico del mundo.

²⁷ Las escuelas geopolíticas en el mundo y la formación de un diseño geopolítico mexicano. Disponible en: <http://ciid.politicas.unam.mx/semgeopolitica/geopolitica.php>

²⁸ *Lebensraum*: Espacio necesario que un Estado debe tener para sobrevivir a la lucha o competencia contra otros Estados.

²⁹ *Heartland* o Región cardinal: Europa oriental (Rusia y Siberia), el Cáucaso, el centro de Asia y las grandes zonas de Irán. “Quien controle Europa del Este dominará el *Heartland*, quien domine ésta dominará la Isla Mundo.” Harold Mackinder.

Recuadro 2. Los determinantes políticos que actúan sobre el equilibrio geopolítico del mundo

- a) Política global (propia y extraña)
- b) Política regional (propia y extraña)
- c) Criterio de política interior.
- d) Criterio de política exterior.
- e) Tesis sobre el concepto de libertad y de autodeterminación de los pueblos.
- f) Esquema político – militar del Estado.
- f) Estructura económica del Estado.

Fuente: Lorenzo del Peón Álvarez. *Geopolítica y geoestrategia*. Ediciones Ateneo, México, 1980, pág. 28.

Es indudable la conexión que existe entre el Estado con la política global de los regímenes internacionales ya que éstos, en varias ocasiones, influyen en la toma de decisiones de los gobiernos. Además, la estructura económica del Estado permite llevar a cabo estrategias de gran coyuntura, sobre todo para financiar los proyectos que se establezcan.

En los estudios de geopolítica es visible el ajuste de las necesidades vitales del ser humano al ambiente en el cual se halla, ya que “existe un mutuo determinismo, condicionado a la mutua respuesta del espacio y del individuo; respuesta que, en forma continua y sistemática ha conducido a la sociedad hasta el estado actual y que ha conformado a la Historia.”³⁰

Este argumento nos muestra que la geopolítica dirige a la modificación de la percepción del ser humano dentro de su espacio; al tomar este argumento a lo largo de la investigación, se observan las capacidades de respuesta del ser humano al medio geográfico y ambiental, que comienzan a modificar los patrones de conducta y abren paso a un cambio de paradigma y forma de actuar de los

³⁰ Lorenzo del Peón Álvarez. *Op. Cit.*, pág. 48.

países, debido a un problema mutuo.

El cambio de conducta y percepción sobre el espacio y territorio se puede percibir en el esfuerzo de los países para la mitigación del cambio climático y la reducción de los gases de efecto invernadero.

Entre otros aspectos, la globalización, la informática y la proliferación de riesgos científico-tecnológicos han transformado la dimensión y territorialidad de la geopolítica en la última década del siglo XX.

En el contexto de hoy, el problema de seguridad nacional se ha globalizado porque los problemas que más aquejan al Estado son aquellos que son transfronterizos y globales, en los que no existe un enemigo único, sino son una mezcla de varios factores que se deben atacar en conjunto con los demás Estados para enfrentarlos.

Es por eso que, los esfuerzos diplomáticos en materia de cooperación internacional para la mitigación del cambio climático son un cambio de modelo a seguir, en geopolítica, para sustentar la seguridad energética de los Estados.

La conducción política del Estado señala las consecuencias posibles y probables del seguimiento de una dirección política dada en un ambiente geográfico determinado. La posible ratificación o rectificación de tal dirección es asunto del Estado, es decir, es asunto exclusivo de la política a seguir.³¹

Así pues, las ganancias relativas de suscribirse a una norma o tratado internacional o de seguir ciertas directrices para el comportamiento de los Estados es una de las características que enfatiza la escuela realista en el estudio de los regímenes internacionales.

Pero a pesar de que los Estados jueguen dentro de los regímenes internacionales para la cooperación y solución de conflictos, como el de la mitigación del cambio climático, aún siguen siendo éstos quienes pueden, o no, conducir una política para el cumplimiento de los acuerdos diplomáticos.

³¹ *Idem.*

La cantidad de población, territorio, valor agregado de la industria y gasto militar son algunas de las características que otorgan mayor poder a un Estado, según la geopolítica.³² Entre más de estas variables tenga, mayor será su estabilidad y, por ende, su capacidad de ejercer presión hacia otros Estados para la posesión de recursos y materiales que le sirven para seguir acumulando poder. En términos de poder, Morgenthau caracteriza a la geopolítica como:

“Una pseudo ciencia que erige el factor de la geografía en un absoluto que supuestamente determina el poder y, a partir de allí, el destino de las naciones. Su concepción básica es el espacio. Sin embargo el espacio es estático, las poblaciones que viven dentro de ese espacio son dinámicas”.

No son las características del territorio, sus recursos naturales, los países con los que colinda o con cuantas salidas al mar cuenta los que otorgan poder al Estado, sino es más bien la conciencia del individuo sobre el espacio, la que maximiza estas características y hace que se acumule poder frente a los demás Estados.

Por ejemplo, la conciencia y racionalidad de una seguridad energética dirigen a un plan de desarrollo energético; el cual, tiene importantes efectos en las condiciones económicas y políticas que marcan el *status quo* del país, además de tener un impacto en el uso que se haga de los beneficios obtenidos.³³

Por eso mismo, la geopolítica tiene una vertiente de carácter energético para estudiar la adquisición de poder mediante el estudio del espacio y su manejo para sustentar la seguridad energética de la nación; ya que a través de ésta se dan resultados industriales, económicos, sociales y políticos de importante relevancia para el desarrollo. Es así como, la seguridad energética es estudiada a través de la geopolítica que a su vez se convierte en geopolítica energética.

La energía, los alimentos y los recursos minerales han dado forma a las relaciones entre los Estados, pues han modelado las relaciones conflictuales entre países. Y a pesar de que son factores cruciales en la relación entre los países, son

³² Manfred Enrique Gautroff y Fernando Chavarro Miranda. “Geopolítica, poder y capacidad nacional: una aproximación econométrica”. *Criteria Libre*, año 7, no. 10, enero-junio 2009.

³³ *Idem*.

pocas veces estudiados en el aspecto de las relaciones entre Estados.³⁴

En la actualidad existe una gran presión sobre el uso del territorio, el suelo, el agua y los insumos energéticos, lo que repercute en las acciones, positivas o negativas, del Estado para la obtención y perpetuación de estos recursos.

El crecimiento poblacional y los límites del medio ambiente están gestando transformaciones en las acciones del ser humano con su entorno, como la concientización de la preservación de los ecosistemas, el estudio de la Tierra, y la adopción de la cultura del reciclaje, entre otros. Por consiguiente, el esfuerzo para la mitigación del cambio climático es un ejemplo de que el la mutua respuesta entre el espacio y el individuo que estudia la geopolítica, han hecho que el concepto de seguridad energética mude y busque nuevas soluciones.

Por ello, es importante reconocer que los recursos naturales propios de un Estado, su existencia y su buena gestión, son y serán claves en los años por venir para alcanzar una seguridad nacional en materia de alimentos, energía, desarrollo económico y medio ambiente.³⁵

Así pues, por su carácter transfronterizo, el fenómeno del cambio climático exige una mudanza en la percepción de la seguridad energética; por lo cual, el estudio de la geopolítica energética está reconociendo la presencia de diferentes actores para la toma de decisiones y la solución de conflictos, que impiden al Estado tener la capacidad total de dependencia de energéticos foráneos.

Si en la antigüedad, el estudio de la geografía ayudó a la teoría y práctica de la guerra, también lo podrá hacer para ocuparnos de la protección del medio ambiente, del ordenamiento territorial y del mejoramiento de la calidad de vida del hombre.³⁶

³⁴ Paul Rogers. *Issues in International Relations*. Routledge, Reino Unido, 2000, pág. 135.

³⁵ Rubén José Dorantes Rodríguez. *Las energías renovables y la seguridad energética nacional*. Academia de Ingeniería. México, 2008, pág. 3.

³⁶ José Luis Cadena Montenegro. "La geopolítica y los delirios imperiales de la expansión territorial a la conquista de mercados". *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, año 2006, no. 1, enero-junio 2006.

1.3.2 Situación actual de las energías renovables

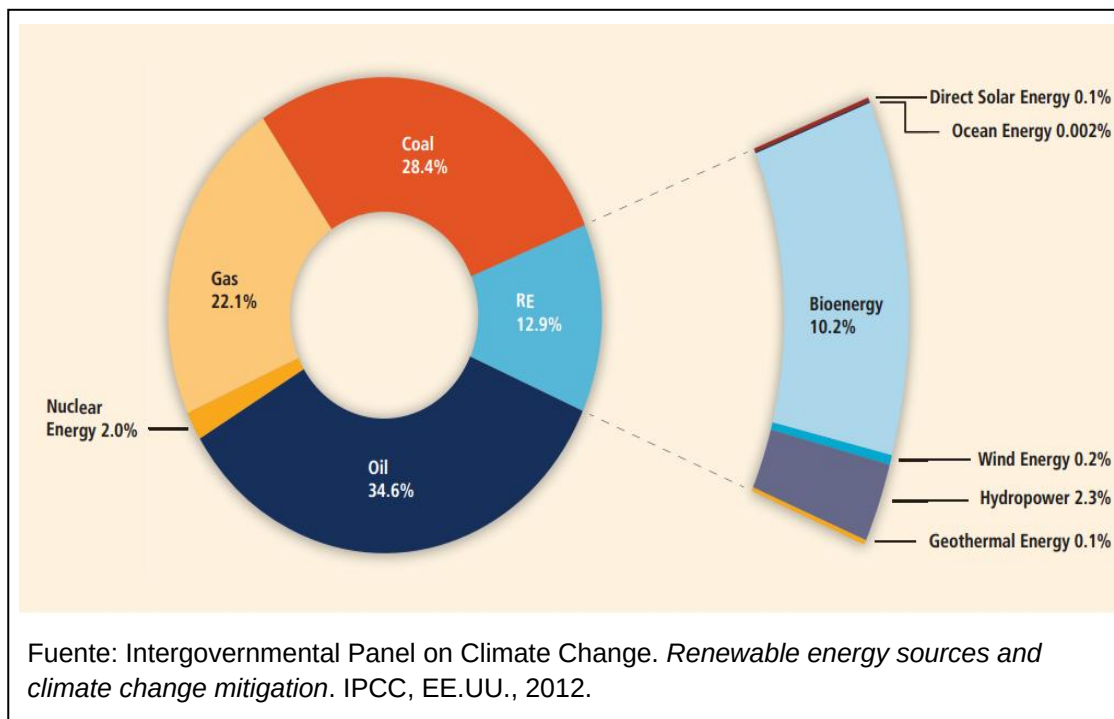
Las fuentes de energía renovables más comunes son la eólica, la solar térmica y fotovoltaica, la biomasa y los biocarburantes, la hidráulica, la geotérmica y la maremotriz. Este tipo de energías se encuentran en armonía con el medio ambiente ya que no emiten GEI ni fomentan la contaminación de los ecosistemas.

A través de las fuentes de energía renovables se sustenta la seguridad energética en diferentes modalidades; tal es el caso de la generación de calor para la industria, la generación de energía cinética para trabajos mecánicos, o bien, la generación de energía eléctrica para el sector comercial, residencial, industrial y agropecuario. En gran medida, las energías renovables abastecen al sector eléctrico, como también a la energía termal y mecánica; y la producción de combustibles para el transporte.

Su participación a nivel mundial es de un 12.9%; a pesar de estar muy por detrás del uso de gas, carbón y petróleo su participación está en ascenso. Se estima que el porcentaje en generación a partir de estas tecnologías a nivel mundial pasará de 3% en 2009 a 15% en 2035.³⁷

³⁷ *Idem.*

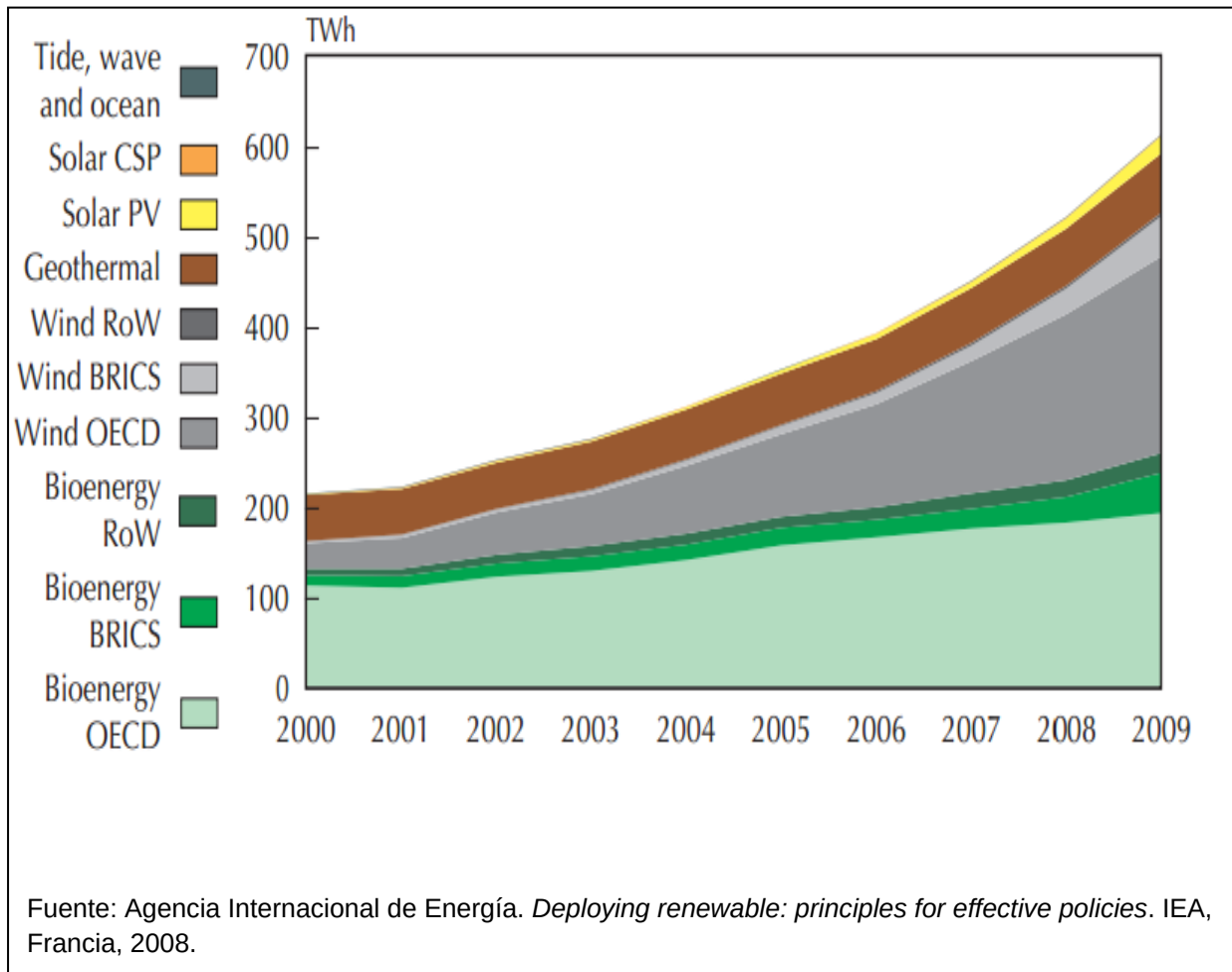
Gráfica 4. Distribución del uso de los recursos energéticos en el mundo



De igual forma, en la reciente publicación del trabajo de investigación de la IEA, “Posicionando a las energías renovables 2011: mejores y futuras prácticas políticas”, el director ejecutivo Maria van der Hoeven explica que se están posicionando las energías renovables de manera vertiginosa; sin embargo, señala que todavía se necesitan esfuerzos políticos aunados a incentivos económicos para que exista competitividad e investigación de la tecnología.³⁸

Gráfica 5. Tendencias regionales en la generación de energía renovables

³⁸ Agencia Internacional de Energía. *IEA recognizes ascent of renewable energy market with new report forecasting developments up to 2017*. Disponible en: http://www.iea.org/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=434



Esta gráfica muestra las tendencias de crecimiento del uso de las energías renovables en el mundo por región, sin considerar a la hidroeléctrica. Es importante recalcar que el uso de la energía eólica sobrepasó el uso de la bioenergía, la cual se creía que tendría el mayor aumento en la década del 2000 al 2010, sobre todo por las tendencias del bioetanol brasileño.³⁹

En los países que requieren de ayuda tecnológica para la energía eléctrica se les otorga un apoyo económico por un periodo determinado, éste es justificado por la necesidad de añadir al precio los beneficios ambientales y de seguridad energética de las energías renovables.

³⁹ Agencia Internacional de Energía. *Deploying renewables: principles for effective policies*. IEA, Francia, 2008.

No obstante cuando la tecnología llegue a ser competitiva puede que existan restricciones para su uso, como lo son las incertidumbres políticas o de regulación, los desacuerdos institucionales o burocráticos, o la visión de seguir apoyando la infraestructura de los combustibles fósiles.⁴⁰

Actualmente la energía eólica se presenta como opción sobre la cual es preciso avanzar en la promoción de la misma facilitando su extensión, resolviendo los problemas en la red eléctrica, así como en el desarrollo tecnológico, que si bien avanza de forma rápida, presenta todavía muchos campos de actuación.⁴¹

⁴⁰ *Idem.*

⁴¹ Emilio Menéndez Pérez. *Aspectos tecnológicos en la transición energética*. España, 2007, pág. 130.

2 Contexto mundial de la energía eólica

Una de las características importantes para la sobrevivencia del ser humano es el uso de la energía para: la producción de alimentos, las comunicaciones, el transporte, la construcción, las industrias, entre muchos otros. Esta energía se encuentra disponible en diferentes formas, algunas de las cuales pueden ser fácilmente convertidas y transformadas de su forma actual, hacia energía eléctrica.

En el contexto mundial de la energía, la dependencia de los combustibles fósiles es muy alta y el declive de dichos yacimientos y recursos naturales es constante; es por ello que, muchos han optado por aprovechar las fuentes de recursos naturales renovables, mismas que se aprovechan sin dañar el medio ambiente, así como garantizar la disponibilidad en el presente y en el futuro.

Las energías renovables se definen como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad que se genera naturalmente, por lo que se encuentran disponible en forma continua o periódica.⁴²

Hoy en día se piensa en energías renovables como un término nuevo y prometedor; sin embargo, el uso de la energía solar y eólica data desde mucho tiempo atrás. El uso de la energía eólica fue utilizado en barcos de vela y en molinos de viento los cuales fueron utilizados por primera vez en Persia, lo que ahora es la frontera de Paquistán y Afganistán.

Con el uso de las ingenierías a base de vapor y de combustibles fósiles como el carbón y, más adelante, del petróleo, los molinos de viento comenzaron a desaparecer. El carbón y petróleo comenzaron a ser convenientes, concentrados, fácilmente transportados, usados en gran escala, y no dependían de la variabilidad de las corrientes de aire. Fue así que, poco a poco, el uso de los molinos comenzó a ser obsoleto para ser cambiado por el uso de los combustibles fósiles.⁴³

⁴² Definición por la Ley del Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Fondo por la Transición Energética (LAERFTE) aprobada en octubre 2008.

⁴³ Walter F. Deal. *Wind power: an emerging energy resource*. Technology and engineering teacher, EUA, 2010, pág. 11.

2.1 Características generales de la energía eólica

A lo largo de los años el ser humano se ha visto en estrecha relación con el espacio geográfico que lo rodea; haciendo así que el estudio del entorno y las estrategias que conllevan al aprovechamiento de los recursos naturales hayan garantizado la sobrevivencia del ser humano.

La energía eólica es una industria de extracción, es decir, que las turbinas eólicas extraen parte de la energía cinética del viento a través del área de la turbina del rotor⁴⁴ eólico. La cantidad de energía que puede ser recolectada en un lugar determinado depende de la cantidad del clima del viento local.

El clima del viento local tiende a ser relativamente constante a través del tiempo. En otras palabras, la energía contenida del viento tiende a variar menos año con año que la producción agrícola. Usualmente, la producción de energía eólica anual de una turbina tiene una variación estándar de alrededor de 10% de la energía media.⁴⁵

2.1.1 ¿Cómo funciona un aerogenerador?

Aunque existen variantes sobre el diseño de turbinas, la consolidación del diseño y de la investigación se ha dado a través de la última década. La mayoría de las turbinas comerciales que actualmente operan son en eje horizontal y con tres aspas; las cuales se encuentran adjuntas a un rotor, del cual la energía es transferida a través del engranaje hacia el generador.

Tanto el engranaje como el generador se encuentran dentro de una caja llamada nacela. Es así como la electricidad es transmitida hacia la parte baja de la torre hacia el transformador y, eventualmente, hacia la red de suministro.

Las turbinas eólicas (también llamado aerogenerador) pueden operar a través de un rango de velocidad de 3 a 4 metros por segundo (m/s) hasta 25 m/s, que se traduce en 90 kilómetros por hora (km/h) y llega a ser equivalente a la

⁴⁴ Rotor: parte giratoria de una máquina o turbina eléctrica.

⁴⁵ Global Wind Energy Council. *Global wind report: annual market update*. GWEC, Bélgica, 2011, pág. 57.

fuerza de 9 o 10 vendavales.⁴⁶

La tecnología eólica moderna puede operar efectivamente a cualquier rango, sea lenta o fuerte la velocidad del viento, tanto en el desierto como en las zonas polares. El grupo de turbinas reunidas en los parques eólicos operan con gran disponibilidad y están, generalmente, bien integradas con el medio ambiente y la comunidad local. Al usar materiales ligeros se reduce el volumen de los parques eólicos, y el diseño de las turbinas modernas es pulcro, aerodinámico y elegante.

Recuadro 3. Principales características de la tecnología eólica

- a) Confiabilidad.
- b) Conexión con la red de suministro.
- c) La reducción del ruido.
- d) Máxima eficiencia y desempeño aerodinámico.
- e) Alta productividad para baja velocidad del viento.
- f) Expansión *offshore*. (Parques eólicos colocados en el océano).

Fuente: Global wind energy source. *Wind Energy Technology*. Disponible en: <http://www.gwec.net/>

Las innovaciones en el diseño de turbinas incluyen el uso de diferentes materiales para fabricar las aspas, y así, asegurarse de que el peso sea mantenido al mínimo, para reducir la carga e incrementar la confiabilidad, además de mejorar el sistema de control, para mejorar la compatibilidad con la red de suministro.

⁴⁶ Global Wind Energy source. The world's wind resource. Disponible en: <http://www.gwec.net/index.php?id=31>

Imagen 1. Parque eólico *onshore*



Fuente: SENER, *Programa especial para el aprovechamiento de las energías renovables.*

El conjunto de aerogeneradores constituye un parque eólico, quien a su vez se encuentra conectado a la red de suministro local y nacional. A los parques eólicos colocados en tierra se les denomina *onshore*, mientras que a los parques eólicos colocados en el océano se les denomina *offshore*.

Imagen 2. Parque eólico *offshore*



Fuente: Jeff Kart. *Greasing the gears of offshore wind farms.*

Así como otras fuentes de energía renovable, la energía eólica presenta ventajas importantes para cualquier matriz energética debido a sus costos, a que no produce emisiones de gases de efecto invernadero y no se encuentra sujeta a la volatilidad de los precios de los combustibles.

En cambio, presenta desventajas por su intermitencia, la distancia entre las zonas de viento y las redes eléctricas, la contaminación visual y auditiva que produce, y el impacto que puede tener en la fauna que habita las zonas de viento o utilizan este recurso como una guía en sus migraciones anuales.⁴⁷ Sin embargo, las ventajas son mucho más favorables pues se anteponen a las desventajas, debido a que la energía eólica es una opción sustentable para la generación de energía eléctrica, la mitigación del cambio climático y la seguridad energética de algunos países.

2.1.2 Capacidad de suministro de energía eléctrica

El factor principal de un aerogenerador o cualquier planta generadora de energía es la cantidad de energía suministrada a través del año dividido por la cantidad de energía que podía haber sido generada si el generador hubiera trabajado al mayor rendimiento a través de las 8,760 horas al año.

Las turbinas eólicas son construidas para extraer la energía cinética del viento y convertirla en electricidad. El criterio clave para el diseño de conexión con la red de suministro es minimizar el costo por kWh⁴⁸ de rendimiento energético de las turbinas eólicas, dado el clima local, la distribución de la energía y las limitaciones políticas impuestas, la disponibilidad de la red de suministro y los mecanismos de regulación.

El total de aerogeneradores instalados en el mundo pueden generar 430 teravatios-horas por año, mucho más que la demanda eléctrica del Reino Unido, la sexta economía del mundo, lo que equivale al 2.5% del consumo total de energía

⁴⁷ Secretaría de Energía. *Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables*. SENER, México, 2009.

⁴⁸ kWh: kilovatio-hora, mil vatios hora. Unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia por tiempo.

eléctrica.⁴⁹

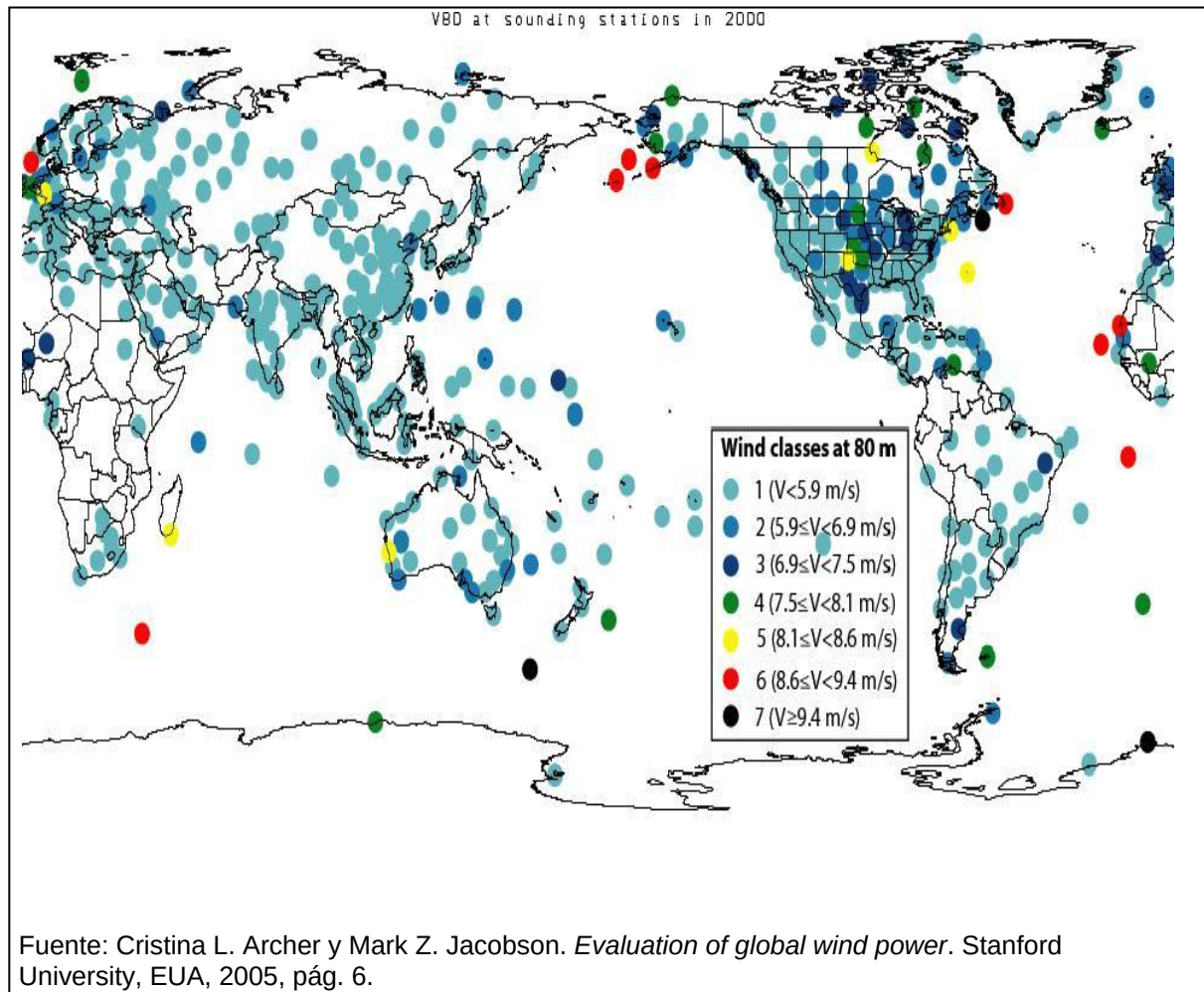
En muchas partes del mundo, la energía eólica ya es competidora de las tecnologías convencionales y, en muchos casos, más barata. Aunque ninguna puede competir con las plantas convencionales existentes, puesto que ya han sido del todo pagadas y construidas, en gran parte, con subsidios del gobierno; la energía eólica es comercialmente atractiva, especialmente tomando en cuenta el precio de los combustibles fósiles, factor importante para el mercado energético.

Construir una planta convencional puede tomar de 10 a 12 años, y producirá energía hasta que sea completamente construida. El despliegue de un parque eólico es medido en meses, y la mitad de este, es un pequeño parque que puede comenzar a generar energía tan pronto como la primera turbina es conectada a la red de suministro.

Los parques eólicos *offshore*, que requieren un mayor nivel de infraestructura y de conexión a la red de suministro, pueden ser construidos de principio a fin en menos de dos años, factor crucial debido a la amenaza del cambio climático.

⁴⁹Asociación Mundial de Energía Eólica. *Wind energy report 2010*. WWEA, Alemania, 2011, pág. 5.

Imagen 3. Mapa de la velocidad del viento a 80 m. de altura



En la imagen anterior, se pueden visualizar los lugares estratégicos en donde se muestra la velocidad del viento a 80 metros de altura; teniendo como resultado lugares potenciales para parques eólicos en casi todos los países del mundo. Se debe estudiar de fondo no sólo las características físicas del lugar, sino más bien la geografía, en términos de acceso y condiciones geotécnicas del parque eólico, ya que son éstas las que determinan los costes de la construcción de carreteras, el cableado subterráneo y la conexión a la red de suministro eléctrico.

Es por ello que, los retos que enfrentan los países actualmente para la creación de parques eólicos son más bien de tipo político y social, así como la liberalización del mercado energético. Puesto que ya se muestra con este mapa que los recursos naturales para la generación de energía eólica son factibles en casi cualquier parte del mundo, sea en tierra o en mar.

Los aerogeneradores de los líderes de manufactura eólica están certificados para soportar los caprichos del viento del clima de manera segura por 20 años, aunque puede que duren más tiempo, particularmente en las zonas de menos variabilidad climática.

Las condiciones eólicas en el océano son menos turbulentas que en tierra, es por ello que, los parques *offshore* tienen un periodo de vida de al menos 25 o 30 años.⁵⁰ Es decir, que aunque la construcción de un parque *offshore* tome más tiempo en construir, también tendrá una duración mayor debido a las condiciones climáticas; sin duda alguna, la retribución de la tecnología *offshore* siempre será mayor que la de *onshore* debido a que tendrá mayor aceptación social debido a que no tomará parte del espacio de la comunidad local en donde se sitúe, tampoco causará ruido, ni distorsión del paisaje ambiental.

⁵⁰ Soren Krohn, Poul-Erik Morthorst y Shimon Awerbuch. *The economics of wind energy*. The European Wind Energy Association, Bélgica, 2009, pág. 11.

2.2 Panorama de la industria y el mercado de la energía eólica

El mercado energético, a nivel mundial, es de los más redituables para las empresas transnacionales y las industrias; y, a su vez, de los más costosos debido a las barreras que se imponen en algunos países para la extracción y generación de energía dentro de un territorio determinado.

Dentro de la industria eoloeléctrica, son varios los factores que repercuten para la construcción de los parques eólicos, y normalmente el costo de la instalación de los aerogeneradores toma en cuenta:

- Cimientos.
- Construcción de carreteras.
- Cableado subterráneo en el parque eólico.
- Transformadores de bajo y medio voltaje.
- Subestación de medio y alto voltaje.
- Servicio de transporte y grúas.
- Ensamblaje y prueba.
- Costos administrativos, financieros y legales.⁵¹

El marco institucional, especialmente la planeación espacial y territorial, y la planeación de políticas públicas tiene un alto impacto en los costes de producción, mismo si no se otorga el permiso para construcción del parque eólico; pero aún en el peor de los casos, éstos solo engloban del 5% al 10% del costo total de construcción y producción de un parque eólico.⁵²

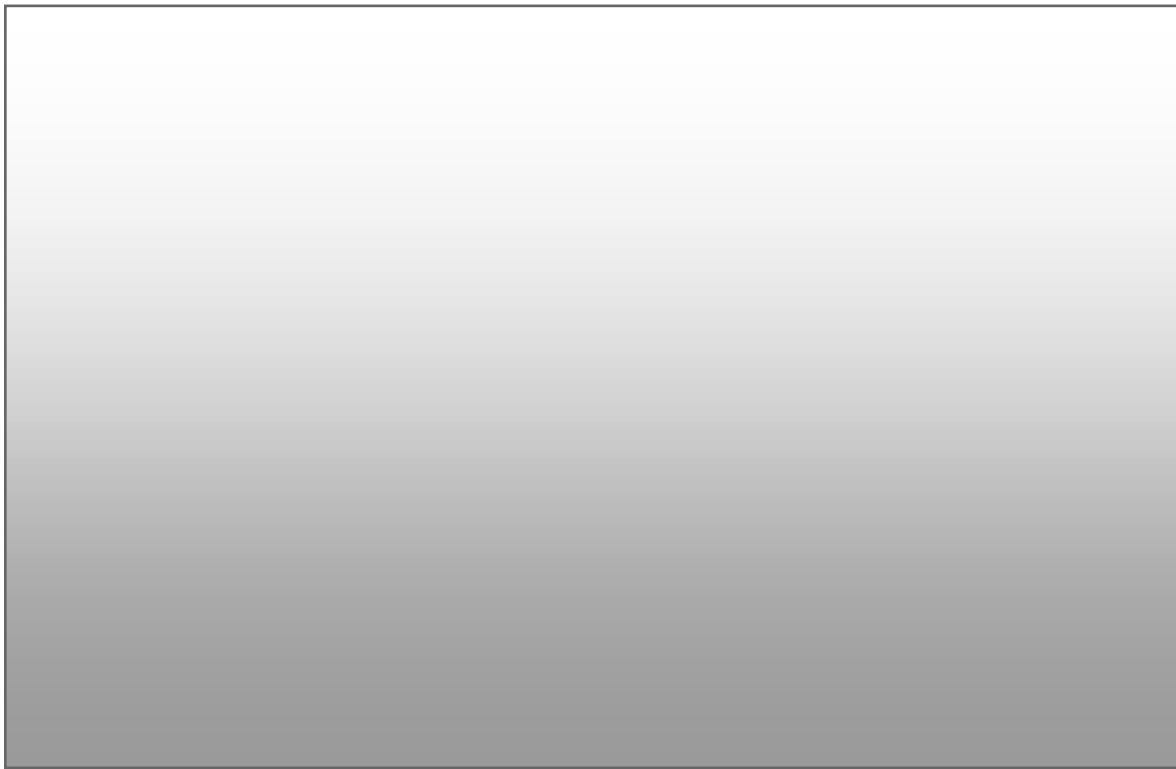
Como se mencionó anteriormente, la geografía, en términos de acceso y condiciones geotécnicas del parque eólico, juega un papel crucial en la determinación de los costes de la construcción de carreteras, el cableado subterráneo y la conexión a la red de suministro eléctrico. Por ello, para asegurar que la energía eólica sea la fuente de energía más rentable en el mundo se debe desarrollar la tecnología que permita a la industria eoloeléctrica comercializar

⁵¹Idem.

⁵²Idem.

aerogeneradores, colocar infraestructura de red estructurada y cambiar los procedimientos de explotación de la red.

Recuadro 4. Áreas de investigación y desarrollo



El desarrollo e investigación de los aerogeneradores es un hecho constante dentro del mercado de la energía eólica; si bien algunas industrias de empresas transnacionales le están apostando al autoabastecimiento de energía eléctrica a través de la energía eólica, también es cierto que son éstas quienes apoyan la investigación del diseño y la mejora de los parques eólicos, sobre todo para la reducción de los costos y mejorar el rendimiento y la capacidad de los aerogeneradores.

Tabla 2. Las diez empresas de manufactura de aerogeneradores con mayor venta en el mercado en el 2011

Número	Empresa	Porcentaje de venta	País
1	Vestas	12.7%	Dinamarca
2	Sinovel	9.0%	China
3	Goldwind	8.7%	China
4	Gamesa	8.0%	España
5	Enercon	7.8%	Alemania
6	GE WindEnergy	7.7%	EUA
7	Suzlon	7.6%	India
8	GuodianUnitedPower	7.4%	China
9	Siemens	6.3%	Alemania
10	Ming Yand	3.6%	China

Elaboración propia con datos de Recharge: the global source for renewable energy news. Disponible en: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article306897.ece?cmpid=rss>

El aumento de la participación china en el mercado de la energía eólica, incrementa la manufactura nacional de aerogeneradores, al mismo tiempo que cubre la necesidad de China también aprovecha para exportar aerogeneradores. Sin embargo, es necesario recalcar que la empresa danesa Vestas continua siendo la líder a nivel global, ya que es proveedora de 5,220 MW de energía eólica en el mundo; y a su vez, Dinamarca continua siendo el primer país que sustenta el mayor porcentaje de su seguridad energética en energía eólica.⁵³

⁵³ Asociación Mundial de Energía Eólica. *Op. Cit.*, pág. 9.

Con 28.7%, China es el país con el mayor número de producción de aerogeneradores, seguido de Alemania con 14.1 %, España con 8%, EUA con 7.7% e India con 7.6%⁵⁴; lo cual muestra qué países están a la vanguardia del desarrollo y tecnología de esta industria y los que tendrán incursión en el mercado de países en vías de desarrollo con la introducción de empresas de industria eólica.

Por otra parte, la energía eólica como fuente de generación tiene características específicas que incluyen la variabilidad y distribución geográfica, son estos los retos que se plantean para la integración de grandes cantidades de energía a las redes de suministro eléctricas. Asimismo, con el fin de integrar la mayor cantidad de energía posible, se deben sobrellevar los problemas del diseño y el funcionamiento de los aerogeneradores, la infraestructura y la conexión a la red de suministro eléctrica. De ser así, se podrán desarrollar parques eólicos que actualicen y optimicen la infraestructura energética de los países.

2.2.1 Países con mayor industria eoloeléctrica

Durante los años recientes, la capacidad mundial eoloeléctrica instalada ha crecido de manera vertiginosa particularmente en Alemania y España y, más reciente, en China. En Europa el rápido crecimiento de la capacidad instalada ha sido en gran parte propiciado por la implementación de las *feed-in tariffs*.⁵⁵

En países de Europa es fácil ejecutar estas acciones; sin embargo, el Estado mexicano cuenta con una empresa paraestatal que asume el papel de generador, almacenador, distribuidor y suministrador de energía eléctrica; lo cual hace que no sea rentable este tipo de mecanismos, pues se prohíben los subsidios a las energías renovables pero a su vez, se otorgan concesiones para

⁵⁴ Recharge: the global source for renewable energy news. Disponible en: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article306897.ece?cmpid=rss>

⁵⁵ Una *feed-in tariff* es un incentivo financiero diseñado para estimular el desarrollo de las fuentes renovables para generar electricidad. Bajo este esquema, el gobierno, a través de la legislación, obliga a las empresas del servicio público o suministradoras a comprar la electricidad producida por generadores privados a un precio superior al de mercado o lo suficientemente alto para estimular la inversión en ese tipo de fuentes. Esto hace posible que a pesar de los altos costos de inversión asociados a las fuentes renovables, los generadores que las utilizan alcancen un retorno positivo de la inversión.

Secretaría de Energía, *Prospectiva del Sector eléctrico 2011-2025*. SENER, México, 2010.

el autoabastecimiento a industrias con tecnología eólica.

En la arena internacional, China se convirtió el número uno en la capacidad total instalada y el centro de la industria eólica añadiendo 18 928 MW por año, y siendo el 50% del mercado mundial de nuevos aerogeneradores en el 2010.⁵⁶

Esto muestra una estrategia geopolítica de energía, al tomar conciencia de las ganancias relativas de generar tecnología para la industria eoloelectrónica y a su vez, aprovechar los recursos naturales para la obtención de energía eléctrica; aunado a esto, la energía eólica es una industria y un mercado energético favorable para la investigación, el desarrollo, la generación de empleos, el abastecimiento de energía eléctrica confiable y la seguridad energética de un país.

Un alto porcentaje en la participación de energía eólica en los países europeos es encontrado en Dinamarca con 21%, Portugal con 18% y España con 16% de la producción nacional de energía.⁵⁷

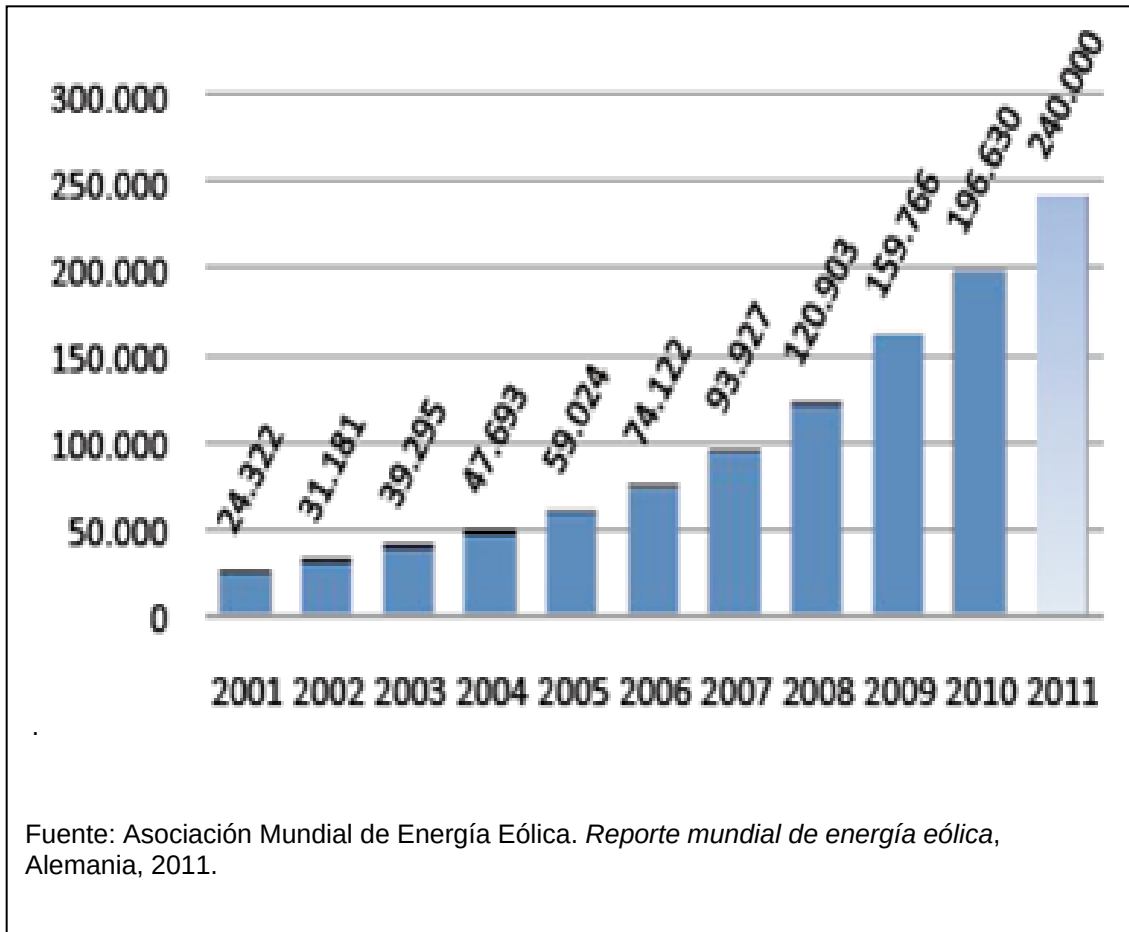
El continente asiático llegó a los altos niveles de nuevas instalaciones con 54.6%, seguido por Europa con 27% y Norteamérica con 16.1%.⁵⁸ Este alto porcentaje en la región asiática se debe al posicionamiento de China en la energía eólica, el desastre nuclear de Fukushima en Japón, y del posicionamiento de India dentro de esta industria.

⁵⁶ Asociación Mundial de Energía Eólica. *Op. Cit.*, pág. 8.

⁵⁷ *Ibidem*, pág. 6.

⁵⁸ *Idem*.

Gráfica 6. Capacidad mundial eólica total instalada

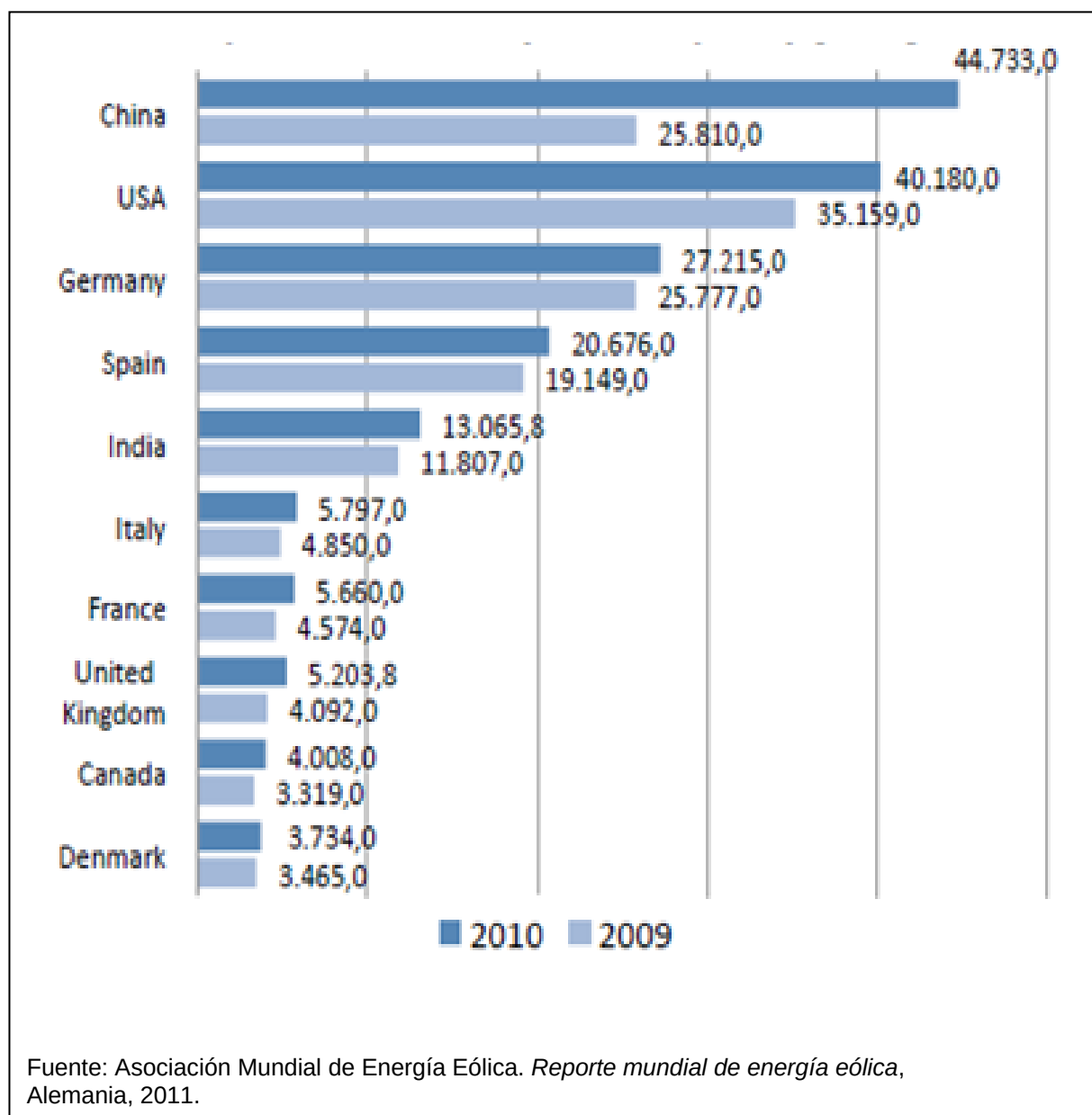


En el 2010, la capacidad eólica mundial alcanzó los 196,630 MW, después de que en el 2009 llegó a los 159,050 MW, en el 2008 a 120,903 MW y en el 2007 a los 93,930 MW. Es así que se muestra una clara tendencia en el interés político y económico de los países en diversificar su matriz energética, basándose en la energía eólica.⁵⁹

⁵⁹ *Idem.*

El mayor salto lo logró China quien pasó de 25,810 MW del 2009 al 2010 con 44,733 MW; dejando atrás a EUA, Alemania, España, India, Italia y Francia.⁶⁰

Gráfica 7. Los diez países con mayor capacidad de energía eólica (MW)



⁶⁰ Asociación Mundial de Energía Eólica. *Op. Cit.*, pág. 9.

El rápido crecimiento en la capacidad instalada en centrales eólicas, es resultado de las políticas que se han implementado en varios países como estrategia de generación de energía eléctrica sustentable. Bajo esa lógica, en el de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, instrumentos regulatorios de estímulo, incentivos económicos para la inversión y operación de centrales eólicas, entre otros aspectos.⁶¹

En China el 1.2% del suministro de electricidad total es de energía eólica, mientras que en los EUA la participación de la energía eólica al suministro eléctrico nacional llega al 2%. Pese a estos esfuerzos, los países que siguen a la cabeza de mantener un alto porcentaje de la participación de la energía eólica dentro de su matriz energética son Dinamarca con 21%, Portugal con 18%, España con 16% y Alemania con 9%.⁶²

Por su parte, los países en vías de desarrollo que buscan nuevos mercados de aerogeneradores de pequeña talla, es decir, entre 100 y 500 MW, son: Turquía, Polonia, Portugal, Bélgica, Brasil, Dinamarca, Japón, Bulgaria, Grecia, Egipto, Irlanda y México. En Latinoamérica, solo han sido seis países que han instalado nuevos aerogeneradores en el año 20120:

- Brasil (320 MW)
- México (104. 5 MW)
- Argentina (25.3 MW)
- Uruguay (10 MW)
- Cuba (4.5 MW)
- Chile (2.6 MW).

⁶¹ Secretaría de Energía. *Prospectiva del Sector eléctrico 2011-2025*. SENER, México, 2010.

⁶² Asociación Mundial de Energía Eólica. *Op. Cit.*, pág. 16.

En el 2010, Norteamérica perdió su posición como la segunda región más dinámica en energía eólica, detrás de Asia. Su tasa de crecimiento disminuyó de 39% en el 2009 al 16% en el 2010, debido principalmente a la fuerte caída de la industria en los EUA.⁶³

A pesar de los esfuerzos, aún existen algunas incertidumbres con respecto a la introducción de un nuevo apoyo nacional para la energía eólica. Actualmente, el gobierno de los EUA prefiere la energía limpia basada en gas, carbón limpio y energía nuclear; es por ello que, aún no se sabe qué papel jugará la energía eólica en este país. Por otro lado, la mayor parte de la tecnología utilizada en los aerogeneradores y el equipamiento relacionado son importados; sólo existen algunos fabricantes, tanto en EUA como en Canadá.

Sin duda alguna, la industria eólica necesita un mercado libre y global para prosperar, misma que ha ido madurando en un mercado en el que compite en una industria global para aumentar la calidad y reducir el costo de la electricidad a partir de proyectos de parques eólicos, *onshore* y *offshore*. La evolución de la industria ha sido más bien estimulada por el objetivo general mundial de entregar la mayor cantidad posible de energía eléctrica con el menor impacto ambiental.

En los últimos años más y más países han aumentado los aranceles para los componentes de energía renovable e implementando barreras no arancelarias, tales como los requisitos de contenido local. Debido a esto, el futuro de la industria eólica podría retrasarse por la poca promoción de la innovación tecnológica, el aumento de la calidad y la reducción del costo de la energía de proyecto de energía eólica.

El aumento de las barreras para el comercio va a socavar la capacidad de la industria eólica para construir cadenas de suministro eficaces y reducir drásticamente el nivel de transferencia de tecnología a través de las fronteras. La única manera de que la industria pueda cumplir su promesa de suministrar grandes cantidades de costo eficiente, libre de CO₂ de energía para el futuro es para emitir una escala significativa, la estabilidad del mercado, y el acceso a los mercados.

⁶³ *Idem.*

Por su parte, el sistema multilateral de comercio debe ahora tomar medidas para defender la igualdad de condiciones de campo en la industria eólica mundial. La última cosa que esta industria necesita en este momento es una renacionalización progresiva del sector de la energía eólica, dando como resultado mercados pequeños y con menos competencia.⁶⁴

2.2.2 Prospectiva de la energía eólica en el mundo

La cuestión clave para la prospectiva de la energía eólica es el contexto de la aceptación social, de sus usos y desarrollos; estudios recientes de Escocia y Alemania sugieren que la aceptación social es mucho más alta que en el caso de los parques eólicos que le pertenecen a la comunidad local donde se encuentra dicho parque. En general, la aceptación de los parques eólicos es alta, aun así, si la comunidad local se ve como propietaria del parque, tendrán una mayor actitud positiva.

El uso de aerogeneradores en pequeña escala está aumentando debido a la necesidad de electricidad en áreas rurales, al desarrollo de pequeñas redes de suministro y de incentivos gubernamentales; esta es una buena oportunidad de implementación de aerogeneradores en las zonas rurales de México con menor incidencia eléctrica y, sobre todo, le daría autonomía del reparto energético a las comunidades, así como de tener una mayor aceptación pública.

Por ejemplo, los EUA añadieron un estimado de 20 MW la capacidad de aerogeneradores de pequeña escala durante el 2010; mientras que el Reino Unido incrementó en un 65% su mercado, comparado con el 2009, con un total de 40 MW. En el país de China, este tipo de aerogeneradores proveyeron de electricidad, en el 2009, a casi 1.5 millones de personas.⁶⁵

⁶⁴ Global Wind Energy Council. *Trade and market access*. Disponible en: <http://www.gwec.net/index.php?id=188>

⁶⁵ *Idem*.

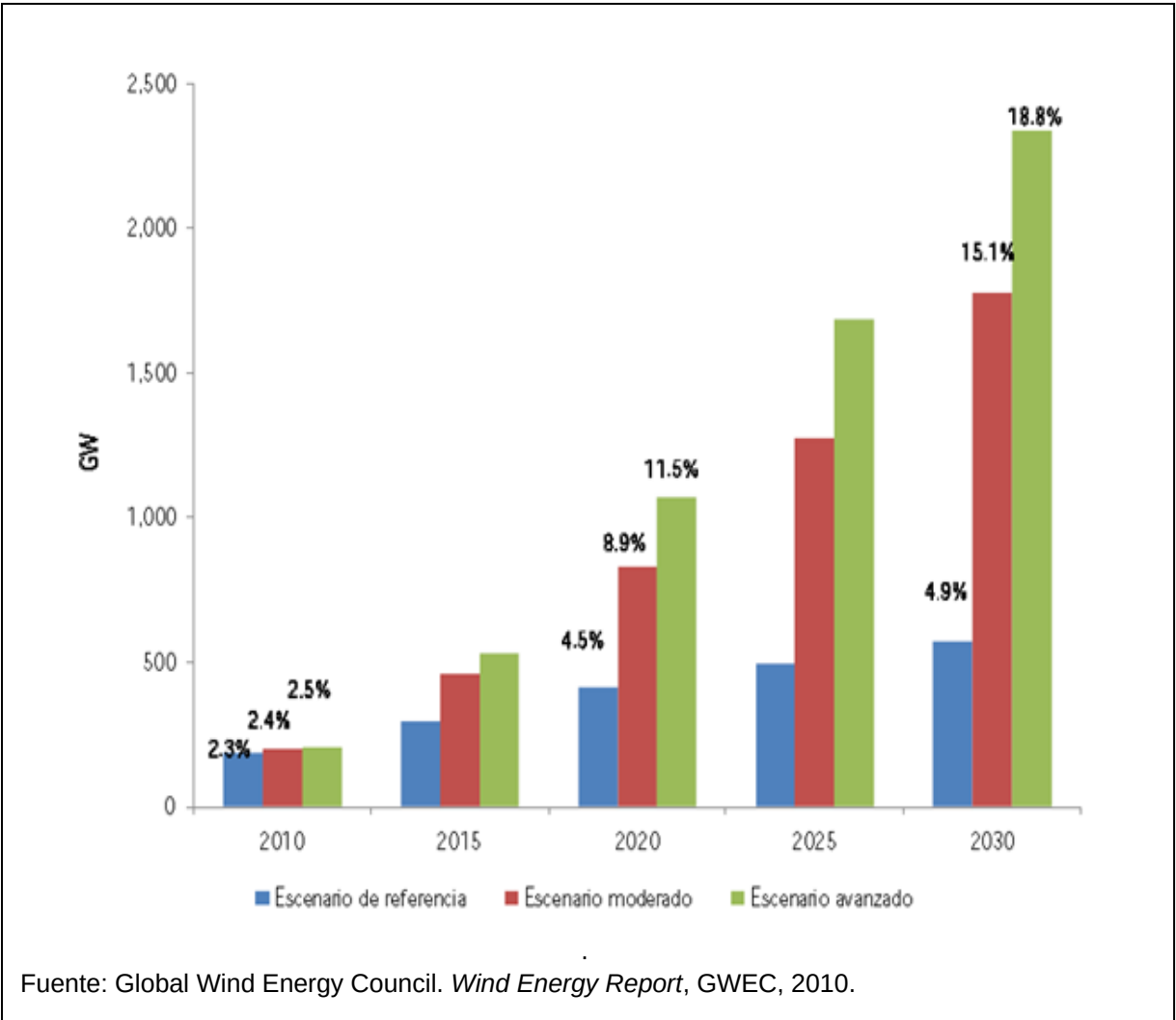
El GWEC afirma que el porcentaje anual de incremento en el mercado eólico será de 8% en los próximos cinco años, pero con una gran caída para el 2013. Asimismo, se espera que el total de las instalaciones dentro del 2012 al 2016 alcancen los 255,000 MW, aunque el aumento del mercado eólico será en India y Brasil, seguido por algunos países de Latinoamérica, África y Asia. El Secretario General del GWEC, Steve Sawyer, considera que mientras el mercado eólico prospera, también se enfrenta a la crisis económica de los países de la OCDE y la contracción de los créditos;⁶⁶ lo cual deja en incertidumbre la exportación de la tecnología necesaria a los países de mercados eólicos emergentes y la dependencia del mercado a las empresas transnacionales.

Por el segundo año consecutivo, la mayor parte de las instalaciones nuevas fueron fuera de los países no miembros de la OCDE, y esta tendencia continuará en los próximos años. Por su parte, Asia continuará siendo el mayor mercado a nivel mundial, con una instalación total de 188,000 G MW del 2012 al 2016, y sobrepasando al continente europeo como el líder mundial en capacidad instalada acumulada en el 2013.⁶⁷

⁶⁶ Global Wind Energy Council. *News*. Disponible en: [http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=362&tx_ttnews\[backPid\]=97&cHash=3da4fcab9e](http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=362&tx_ttnews[backPid]=97&cHash=3da4fcab9e)

⁶⁷ Renewable policy network for the 21st century. *Renewable 2011: global status report*. 2011, pág. 18.

Gráfica 8. Proyección de la capacidad eoloeléctrica mundial (GW), y su participación en la oferta mundial de energía eléctrica (%), 2010-2030



De acuerdo con el GWEC, la gráfica anterior muestra tres prospectivas para las siguientes dos décadas; una de ellas, la que se sombrea de azul, si se sigue con la capacidad actual; la sombreada en rojo si se continúan los esfuerzos en menor medida, y la sombreada en verde si se toman medidas efectivas dentro de las políticas públicas, el financiamiento por parte de organismos internacionales y se restringen las barreras arancelarias y no arancelarias.

Para poder permitir un alto posicionamiento de la energía eólica para las siguientes décadas es necesario establecer y definir el mercado energético, las políticas públicas y las regulaciones ambientales. Las siguientes áreas a considerar serían las siguientes:

- Habilitar la implantación del mercado eólico.
- La reducción de costes.
- Las políticas de adaptación.
- La optimización de los procedimientos administrativos.
- Integración de la energía eólica al medio natural.
- Asegurar el apoyo de la población.⁶⁸

La energía eólica es a menudo descrita como una fuente “intermitente” de energía y, por lo tanto, poco confiable. Dado el hecho de que la producción de energía eólica depende del viento, la salida de energía de un aerogenerador y de un parque eólico varía con el tiempo, bajo la influencia de las fluctuaciones meteorológicas. La comprensión y la predicción de esta variable son esenciales para el éxito de la integración de energía eólica a la red de suministro.⁶⁹

En general, de los obstáculos a considerar para la planeación de un parque eólico la mayor parte viene siendo por parte del Estado y de los gobiernos, quienes tienen que asumir cargos de liderazgo para la implementación de políticas públicas a favor de la energía eólica, la supervisión de los proyectos y la reducción de las barreras arancelarias y no arancelarias. Por consiguiente, la concientización por parte de las comunidades locales sobre el manejo de los parques eólicos, las ventajas y desventajas, harán partícipes a la comunidad local dentro de los proyectos para asegurar el apoyo de la población.

⁶⁸ Wind energy: the facts. Disponible en: <http://www.wind-energy-the-facts.org/es/part-i-technology/chapter-7-research-and-development/>

⁶⁹ Global Wind Energy Council. *Large scale integration of wind energy into electricity grids*. Disponible en: <http://www.gwec.net>

3 Energía eoloeléctrica en México

El potencial de energía eoloeléctrica dentro de nuestro país es atractivo, gracias a la geografía del territorio mexicano mismo que cuenta con un relieve favorable, una diversidad de regiones naturales y una gran viabilidad para la implantación de parques eólicos, tanto de tipo *onshore* como *offshore*.

Uno de los importantes recursos naturales que México posee es la fuerza del viento para la producción masiva de electricidad, ya que el potencial energético del recurso eólico estimado a nivel nacional es del orden de 71,000 MW.⁷⁰ Asimismo, se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación eólica para la generación de energía eléctrica, como en el 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, y en la Península de Yucatán, entre otros.

En México, el sector energético tiene una importancia estratégica no sólo desde el punto de vista económico y de finanzas públicas, sino también por ser un factor clave en la política exterior.⁷¹ Sin embargo, las estrategias del gobierno mexicano en impulsar la energía eoloeléctrica en el país aún son débiles, y el proceso de adaptación y adecuación jurídica-legal para la implementación de parques eólicos a lo largo del territorio mexicano es poco apegado a la realidad.

Como se mostró en capítulos anteriores la incursión de las energías renovables, en especial énfasis de la energía eólica, se ha dado para sustentar una seguridad energética amigable con el medio ambiente y en congruencia con los esfuerzos para la mitigación del cambio climático.

⁷⁰ Secretaría de Energía, *Comunicado 84 BIS*, SENER, México, 2010. Disponible en: <http://www.sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=1813>

⁷¹ Secretaría de Energía. *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*. SENER, México, 2012.

3.1 Situación actual de la energía eólica

Uno de los argumentos para justificar la aplicación de los programas de desarrollo de energía eólica en México es la reducción de la dependencia del uso de combustibles fósiles, pues ahorraría a México 960 mil barriles diarios de petróleo.⁷² Pero a pesar de que esto no socavaría el uso indiscriminado ni la dependencia de los hidrocarburos nacionales, puede que se diversifique la matriz energética nacional, y comenzar a dirigirse en el camino de la seguridad energética.

A partir del Programa Sectorial de Energía 2007-2012 de México 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 manera, se pretenden conciliar las necesidades de consumo de energía de la sociedad con el cuidado de los recursos naturales.

La política a seguir busca asegurar el suministro de los energéticos necesarios para el desarrollo del país a precios competitivos, mitigando el impacto ambiental y operando con estándares internacionales de calidad; promoviendo además el uso racional de la energía y la diversificación de las fuentes primarias.⁷³

A pesar de que la capacidad instalada eólica total es 387 veces mayor respecto a la de 2006, y brincó de 2MW a 773 MW en febrero de 2012; los efectos aún no son notorios. A finales del 2011, se otorgaron permisos para la construcción de proyectos eólicos por 2,069 MW adicionales, de los cuales 43% ya se encuentran en construcción. Así mismo, se encuentran en desarrollo tres parques eólicos bajo la modalidad de Productor Independiente de Energía (PIE): LA Venta III y Oaxaca I y IV, con una capacidad total de 307 MW.⁷⁴

⁷² Matilde Pérez U. "Significativo ahorro del petróleo si se impulsa la energía eólica: CFE". La Jornada. 6 de septiembre, 2007. Disponible en:
<http://www.jornada.unam.mx/2007/09/06/index.php?section=sociedad&article=040n2soc>

⁷³ Secretaría de Energía, "Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Energía 2007-2012", Diario Oficial de la Federación. 21 de febrero, 2008. Disponible en:
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo140.pdf>

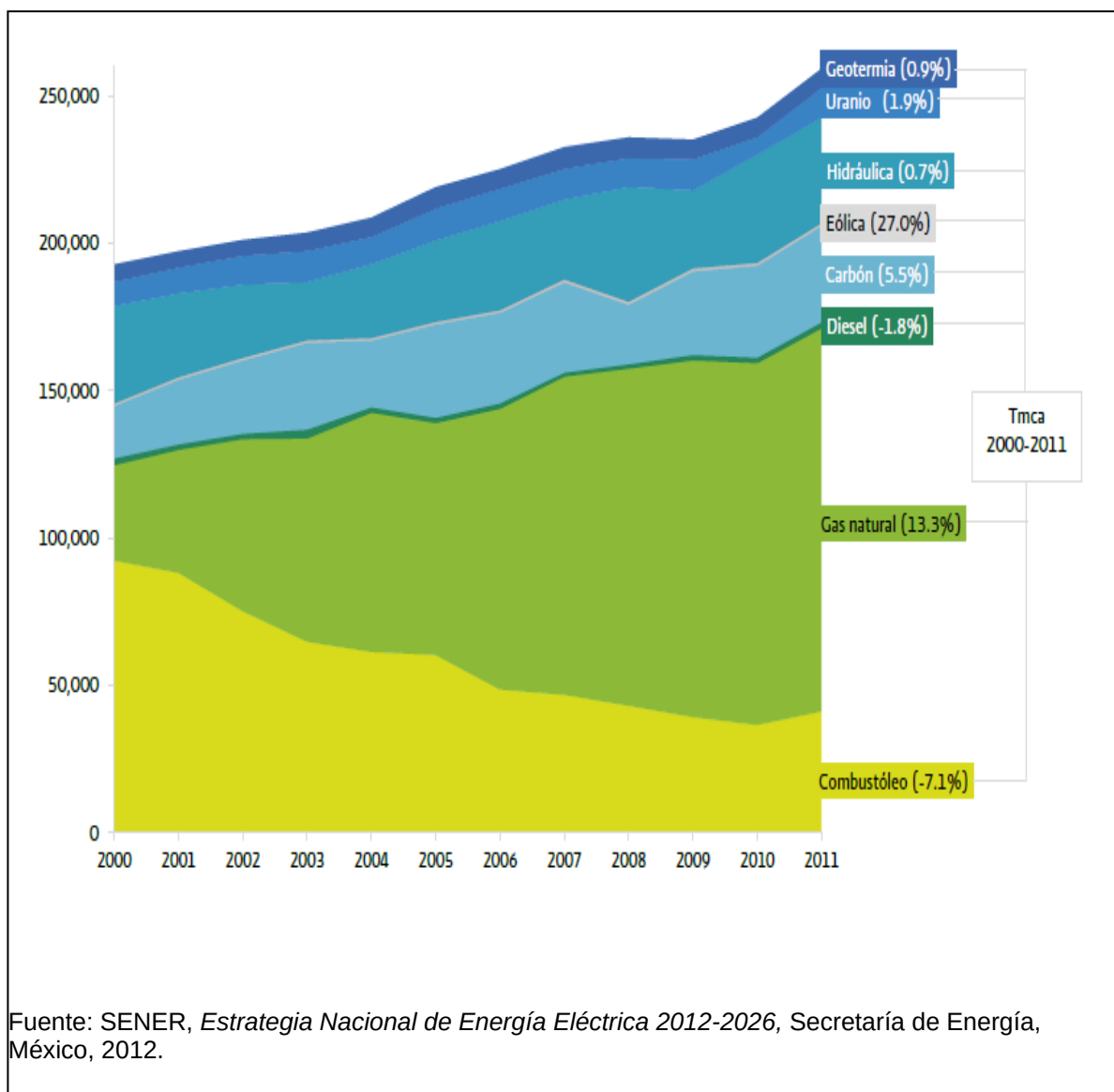
⁷⁴ Secretaría de Energía. *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*. SENER, México, 2012, pág. 20.

Dentro de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) 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 impulsa las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, para 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.⁷⁵

No obstante, el Estado mexicano permanece estático en la planeación de los parques eólicos, pues sólo es el actor pasivo que impulsa los proyectos que permitirán una transición energética; más no toma acciones objetivas para la implementación de la industria eoloeléctrica.

⁷⁵ Proyecto Tech4CDM. *La energía eólica en México*. México, 2009, pág. 26.

Gráfica 9. Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional por tipo de energético (GW)



Como se puede mostrar en la gráfica anterior, el repunte de la energía eólica para la generación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha sido mayor que el de otro tipo de energía no fósil, pues abarca 27% de los GW generados en México. Esto muestra la inercia de la CFE y la SENER para impulsar este tipo de energías a través de permisos, licitaciones y puestas en marcha de diferentes proyectos.

La energía eólica en México ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, colocándose como una de las principales fuentes renovables de generación eléctrica. A finales del 2008, el único parque eólico instalado y operando tenía una capacidad de 85.6 MW y consistía en dos proyectos de la CFE, bajo la modalidad de Obra Pública Financiada (OPF), La Venta I y la Venta II situados en el ejido La Venta, en el estado de Oaxaca.⁷⁶

Poco a poco, se han tenido experiencias en Baja California y Oaxaca y, a partir del año 2006, se inició el desarrollo de diversos parques eólicos bajo un proyecto que se denominó Temporada Abierta (TA).⁷⁷ A través del proyecto de TA se coordina a la CFE y a usuarios de transmisión en el desarrollo de líneas de transmisión cuando ésta es insuficiente; así pues, se acordó la construcción de infraestructura y reforzamientos de transmisión para interconectar 2,473 MW de proyectos eólicos públicos y privados en Oaxaca entre 2009 y 2012. El proyecto de TA pretende socavar el problema de la interconexión de parques eólicos a la red nacional de suministro eléctrico.

Asimismo, existe un Proyecto de Desarrollo de Energías Renovables (PERGE) que cuenta con un donativo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) a través del BM, por 25 millones de dólares (USD). Su objetivo es impulsar las energías renovables en conexión a la red eléctrica en México para así, contribuir a mitigar las emisiones de GEI y de otros contaminantes, aumentar la estabilidad de precios de la energía, aportar capacidad al SEN, y cumplir con las necesidades de diversificación de fuentes de energía.⁷⁸

Aunado a esto, el donativo permitió la creación del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) concluye el Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el GEF. El cual funge como

⁷⁶ Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Monterrey. *El mercado de energía eólica en México*, México, 2009, pág.29.

⁷⁷ Secretaría de Energía. *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*. México, 2009, pág.45.

⁷⁸ Secretaría de Energía. *Las energías renovables para el desarrollo sustentable en México*. SENER, México, 2009, pág.19.

centro para la investigación y el desarrollo tecnológico enfocado en la energía eólica.

Además, 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 destaque las ventajas de esta tecnología han permitido que el país avance con pasos firmes 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 la nación mexicana.

Imagen 4. Proyectos eólicos 2007-2012

Proyectos Eólicos 2007-2012				
Proyecto	Desarrollador	Ubicación	Modalidad	Capacidad [MW]
La Venta	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Pub.	1.35
Guerrero Negro	Comisión Federal de Electricidad	BCS	Serv. Pub.	0.6
La Venta II	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	Serv. Pub.	83.3
La Venta III	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	101.4
Oaxaca I	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	101.4
Oaxaca II-IV	Comisión Federal de Electricidad	Oaxaca	PIE	304.2
Subtotal 1				592.5
Eurus	Acciona	Oaxaca	Autoabast.	250.0
Parques Ecológicos de México	Iberdrola	Oaxaca	Autoabast.	79.9
Fuerza Eólica del Istmo	Fuerza Eólica-Peñoles	Oaxaca	Autoabast.	30.0
Eléctrica del Valle de México	EdF Energies Nouvelles-Mitsui	Oaxaca	Autoabast.	67.5
Eoliatec del Istmo	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	21.2
Bii Nee Stipa Energía Eólica	CISA-Gamesa	Oaxaca	Autoabast.	26.3
Desarrollos Eólicos Mexicanos	Demex	Oaxaca	Autoabast.	227.5
Eoliatec del Pacífico	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	160.5
Eoliatec del Istmo (2a fase)	Eoliatec	Oaxaca	Autoabast.	142.2
Gamesa Energía	Gamesa	Oaxaca	Autoabast.	288.0
Vientos del Istmo	Preneal	Oaxaca	Autoabast.	180.0
Energía Alterna Istmeña	Preneal	Oaxaca	Autoabast.	215.9
Unión Fenosa Generación México	Unión Fenosa	Oaxaca	Autoabast.	227.5
Fuerza Eólica del Istmo (2a fase)	Fuerza Eólica	Oaxaca	Autoabast.	50.0
Centro Regional de Tecnología Eólica	Instituto de Investigaciones Eléctricas	Oaxaca	Pequeña Producción	5.0
Subtotal 2				1,971.5
Total*				2,564.0

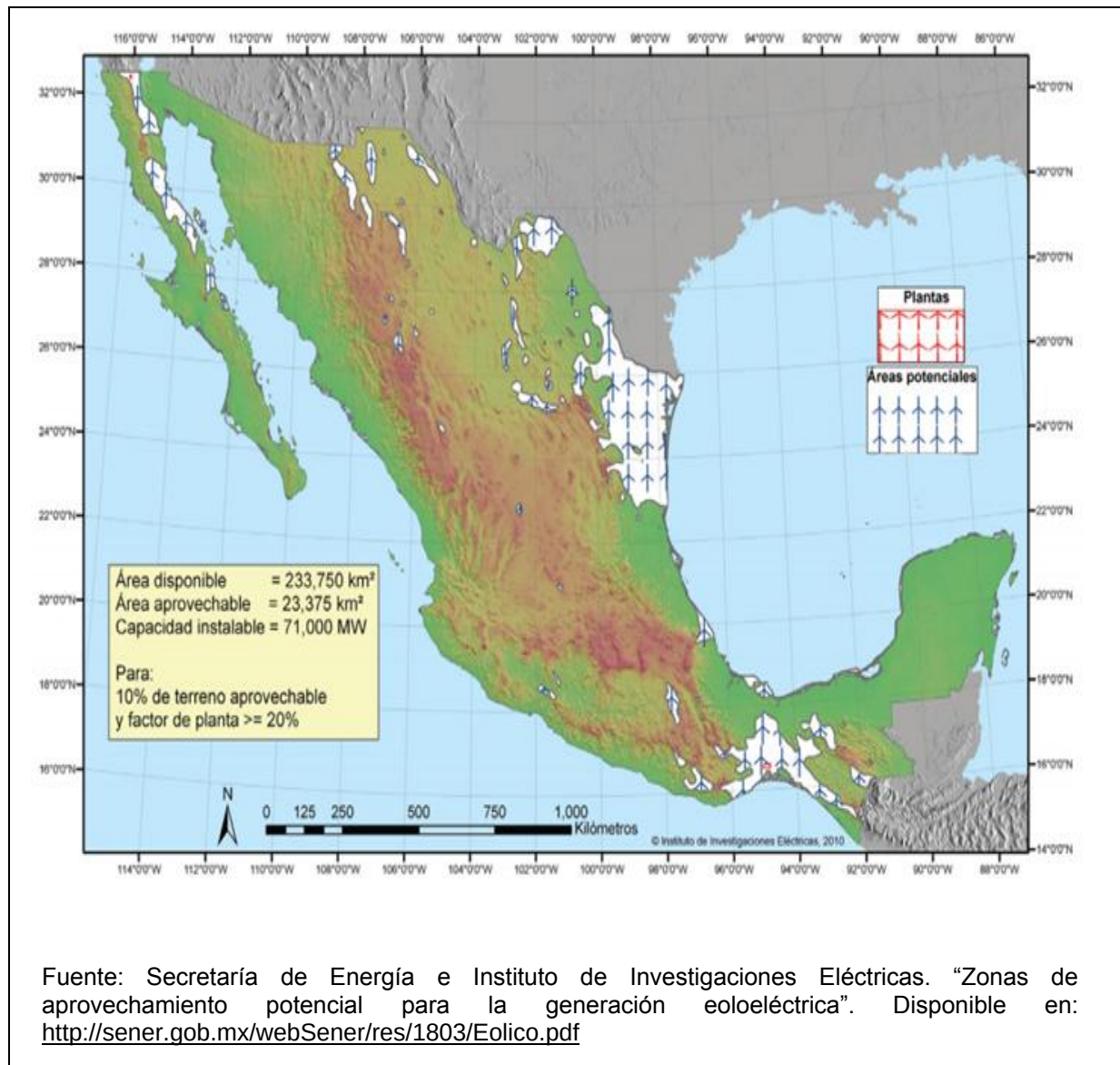
Fuente: Secretaría de Energía, *Programa Nacional para el Aprovechamiento de Energías Renovables*, SENER, México, 2012.

En México se han registrado 21 parques eólicos en operación, de los cuales sólo seis pertenecen a la CFE y al servicio público; los demás están siendo utilizados para fines empresariales, de autoabastecimiento y de generación de electricidad para la industria independiente.

Empresas transnacionales como Acciona, Iberdrola y Gamesa de España, y empresas mexicanas como Demex, Eólica Peñoles, entre otras, están aprovechando las oportunidades de las licitaciones y los permisos que la CFE otorga. Es decir, que más del 70% de la capacidad instalada es de beneficio privado; la mayoría estas empresas transnacionales son contratadas por empresas privadas mexicanas quienes ven la necesidad de comprar electricidad, tal y como se está implementando en la Unión Europea.

Sin duda alguna, el potencial que el territorio mexicano tiene para la industria eoloeléctrica es innegable, aunque la poca visión y percepción del espacio territorial y los recursos naturales que la administración de la industria eoloeléctrica generarían es precaria; la innovación y tecnología de los aerogeneradores continúan en manos de los corporativos transnacionales.

Imagen 5. Zonas de aprovechamiento potencial para la generación eoloelectrica



De acuerdo al mapa anterior, las zonas de aprovechamiento potencial para la generación eoloelectrica en el país tienen un área aproximada de 233,750 km², lo cual equivale al 12 % del territorio nacional.

Si bien es cierto que las zonas de aprovechamiento que se muestran en este mapa se encuentran a los extremos del territorio, es decir, en los estados norte y en los estados sur de México; también es cierto que la razón geopolítica por la cual se lleva a cabo esto es para exportar dicha energía eléctrica.

Un ejemplo es la autorización de la Comisión de Servicios Públicos de California (CPUC) para el primer contrato de adquisición de energía eólica a México por cerca de \$820 millones de dólares (USD). El contrato autoriza a dos de las tres empresas generadoras y distribuidoras de energía en el estado de California en E.E.U.U. a adquirir por 20 años, la energía que generan las granjas eólicas bajacalifornianas. Bajo el acuerdo San Diego Gas and Electric (SDGE), una subsidiaria de Sempra Energy y Edison podrán adquirir 56 MW de electricidad a las instalaciones ubicadas en la Sierra de Juárez y el Centro Tehachapi, para distribuirlos diariamente a 150,000 hogares del sur de California.⁷⁹ Por su parte, el Plan Puebla Bogotá (PPB) planteó instalar en el Istmo un corredor de energía eólica. El objetivo es unificar e interconectar los mercados eléctricos con miras a promover un aumento de las inversiones en el sector, tanto nacionales como extranjeras, y una reducción del precio de la electricidad, para la exportación a los países centroamericanos.⁸⁰

En este caso, sigue la lógica de la exportación de la energía eléctrica a precios competitivos y de la ubicación de los parques eólicos en las regiones fronterizas. La Iniciativa Mesoamericana de Interconexión Energética tiene por objeto la seguridad energética de la región centroamericana para “potenciar la producción de energías con fuentes renovables y la consolidación de un Mercado Eléctrico Regional (MER) único en el mundo”;⁸¹ el cual permita el intercambio y comercialización de energía eléctrica entre México, los países de América Central (Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá) y

⁷⁹ Gerardo Moyano. “Van estados fronterizos por más energía verde”, *Biznews*. 07 mayo 2012. Disponible en: http://www.biznews.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3337:van-estados-fronterizos-por-mas-energia-verde&catid=41:energia

⁸⁰ Bettina Cruz Velázquez. “Desarrollo regional en el Istmo de Tehuantepec: una perspectiva desde el territorio”. *Aquí estamos*, año 5, no. 8, enero-junio 2008.

⁸¹ Proyecto Mesoamérica. *Interconexión eléctrica mesoamericana*. Disponible en: <http://www.proyectomesoamerica.org/>

Colombia.

Es por ello que, México y Guatemala suscribieron el 15 de septiembre de 2010 un contrato de compraventa de potencia firme y de energía asociada por medio del cual el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) de Guatemala adquiere de la CFE de México, 120 MW de potencia firme, con posibilidad de ampliarla hasta 200 MW, ya que la CFE cuenta con excedentes que hacen posible esa venta.⁸²

Como estrategia de mercado, la industria eoloeléctrica es redituable para las corporaciones transnacionales al vender el *know-how* a las empresas nacionales que necesitan de autoabastecimiento seguro y confiable. A través de la dependencia de la Secretaría de Economía, ProMéxico, se confirmó la realización de seis proyectos de energía renovable con inversión de 1,503 millones de dólares (USD) y la generación de 2,577 empleos nuevos durante el 2010. La mayoría de éstos están enfocados en la energía eólica para la generación de energía eléctrica y manufactura de componentes.⁸³

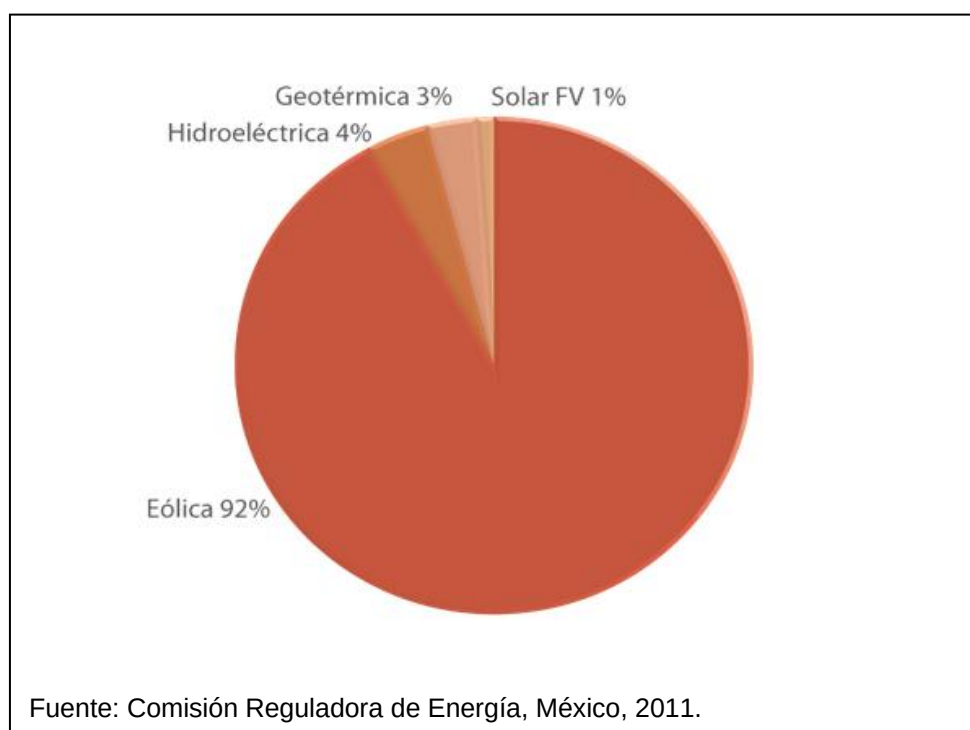
⁸² Proyecto Mesoamérica. *Interconexión eléctrica México-Guatemala*. Disponible en: <http://www.proyectomesoamerica.org/>

⁸³ *Idem*.

3.1.1 El papel del sector privado

En los últimos dos años han entrado, a través de licitaciones de la SENER. 3,300 millones de dólares (USD) con proyectos de interconexión a la red de suministro eléctrica. Es así que, del total de inversiones registradas más del 90% han sido por parte del sector eólico.⁸⁴

Gráfica 10. Distribución de inversiones en fuentes de energía renovable en México, 2005-2011



Algunos de los actores clave del sector eólico en el país son: Acciona, Demex, EDF, FEMSA. Macquarie, Gamesa, Iberdrola y Peñoles. Asimismo, empresas líderes como WalMart, Grupo Bimbo, Nestlé, Google, Nestlé, Grupo Modelo, Mittal, CEMEX, Grupo Herdez, entre otras, se autoabastecen con energía

⁸⁴ Promexico. *Perfil del sector de energías renovables*. Disponible en: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector

eléctrica generada por el viento, lo que les ha permitido impulsar la reducción de sus gastos de energía, realizar estimaciones financieras con un costo fijo de producción eléctrica más confiable, sin estar supeditadas a las cotizaciones volátiles del mercado de hidrocarburos, y cumplir con los compromisos medio ambientales que exige el nuevo modelo de desarrollo sustentable, entre otros beneficios.⁸⁵

En México existen incentivos importantes para las empresas en materia de energías renovables; por ejemplo, la deducción del 100% en el primer año de operación de la inversión total en equipo de generación de energía, almacenamiento de energía utilizada hasta por doce meses para proyectos de autoconsumo, cargo de transmisión fijo para toda la red nacional independiente del punto de inyección y/o el de consumo, a un costo reducido con respecto al cargo convencional para otras tecnologías.⁸⁶

El principal incentivo, regulado por la Ley del Impuesto sobre la Renta es una deducción del 100% de la inversión en equipamiento de energía renovable en un solo ejercicio, con la obligación de tener en operación el equipo durante un periodo mínimo de cinco años para mantener la ayuda fiscal.⁸⁷

Actualmente, Acciona es la empresa española líder en energía eólica en México, con 556.5 MW distribuidos en Oaxaca: La Venta II, III, y IV. Aporta alrededor de 306 MW, y la empresa Eurus alrededor de 250.5 MW. La producción media anual de estas instalaciones ubicadas en el Istmo de Tehuantepec al término de su construcción será de 1,129 millones de kilovatios hora, lo que representa el consumo energético de 700,000 hogares mexicanos y evitará la emisión anual a la atmósfera de 670 millones de toneladas de CO₂.⁸⁸

⁸⁵ Asociación Mexicana de Energía Eólica. Disponible en: <http://www.amdee.org/Images/Proyectos%20Generacio%CC%81n%20Ele%CC%81ctrica.pdf>

⁸⁶ *Idem*.

⁸⁷ Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Monterrey. *Op. Cit.*, pág. 38.

⁸⁸ Efe, "Acciona invirtió 670 millones de dólares en parque eólico del sur de México" en *Infolatam en línea*. 07 marzo, 2012. Disponible en: <http://www.infolatam.com/2012/03/07/accciona-invirtio-670-millones-de-dolares-en-parque-eolico-del-sur-de-mexico/>

3.1.2 Marco legal, regulatorio y jurídico

México es signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Si bien no se encuentra dentro del grupo de países con compromisos específicos de mitigación, sí debe “formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático”.⁸⁹ Es por ello que, el 28 de noviembre del 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE).⁹⁰

A través de la LAERFTE se busca regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad “con fines distintos a la prestación del servicio público”; es decir, con un énfasis privado en el que da pie a que el suministro, generación y abastecimiento comiencen a ser por parte del sector privado.

En lo relativo al marco jurídico que resulta aplicable a la generación de electricidad a partir de la energía del viento, destinada a finalidades diferentes a la prestación del servicio público (autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, importación o exportación), se debe observar lo dispuesto en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

⁸⁹ Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, 1992, artículo 4°, fracción I, inciso “b”. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

⁹⁰ Secretaría de Energía. “Las energías renovables para el desarrollo sustentable en México”. *Op. Cit.*, pág. 49.

Recuadro 5. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

Artículo 3º, se menciona lo que no se considera servicio público:

- I.- La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.
- III.- La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción.”

Fuente: Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

Es decir, que muchos de los proyectos eólicos, en desarrollo y en construcción, son de beneficio meramente privado y se está dejando de lado la injerencia del gobierno; a pesar de tener que pasar por revisiones burocráticas de las instituciones encargadas de la energía eléctrica en México.

Existe una contradicción, pues en el artículo primero de la Ley del Servicio de Energía Eléctrica (LSPEE) establece que le corresponde a la nación por medio de la CFE “generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía a la República”.

En el esquema actual de las licitaciones para la explotación de energías renovables, el monopolio estatal de la CFE es el único actor capaz de controlar la energía eléctrica para beneficiar a las empresas transnacionales, dejando al margen a las pequeñas y medianas empresas mexicanas. Por consiguiente, las lagunas políticas y legales mantienen en el rezago a nuestro país porque no se incentiva el desarrollo tecnológico, la investigación y la formación de recursos humanos.⁹¹

Cuando la CFE tiene impedimento técnico para prestar el servicio de transmisión por infraestructura insuficiente, se regula el acceso a la misma por parte de nuevos proyectos de generación de electricidad con energías renovables

⁹¹ José Galán. “Licitaciones en CFE benefician transnacionales”. *La Jornada web*. 16 de mayo 2007. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2007/05/16/index.php?section=economia&article=023n2eco>

o cogeneración eficiente y, en su caso, se programa su ampliación o modificación de manera concertada con los potenciales permisionarios.

El 23 de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación se publicó un decreto de reforma a la LSPEE y su reglamento. En la exposición de motivos se manifestó que, entre otras, las razones principales de las modificaciones eran modernizar la prestación del servicio público, aumentar la inversión privada para reducir la carga financiera al Estado y aumentar la productividad en beneficio del país. Se establecieron modalidades en las que los particulares podrían generar electricidad, incluyendo, el autoabastecimiento y la cogeneración, la pequeña producción, la generación independiente y la exportación, de acuerdo con lo siguiente:

- “• En el autoabastecimiento, se permite que las personas físicas o morales generen electricidad para satisfacer necesidades propias.
- La cogeneración se refiere a la producción de electricidad por medio de vapor u otro tipo de energía térmica secundaria y también debe destinarse al autoabastecimiento de los establecimientos asociados con la cogeneración.
- En la modalidad de producción independiente se permite generar energía eléctrica para su venta a CFE. La CFE se obliga a adquirir la electricidad mediante un contrato específico.
- La modalidad de pequeña producción es similar a la de producción independiente, con la salvedad que la capacidad está limitada a 30 MW. La producción de electricidad debe venderse exclusivamente a CFE.”⁹²

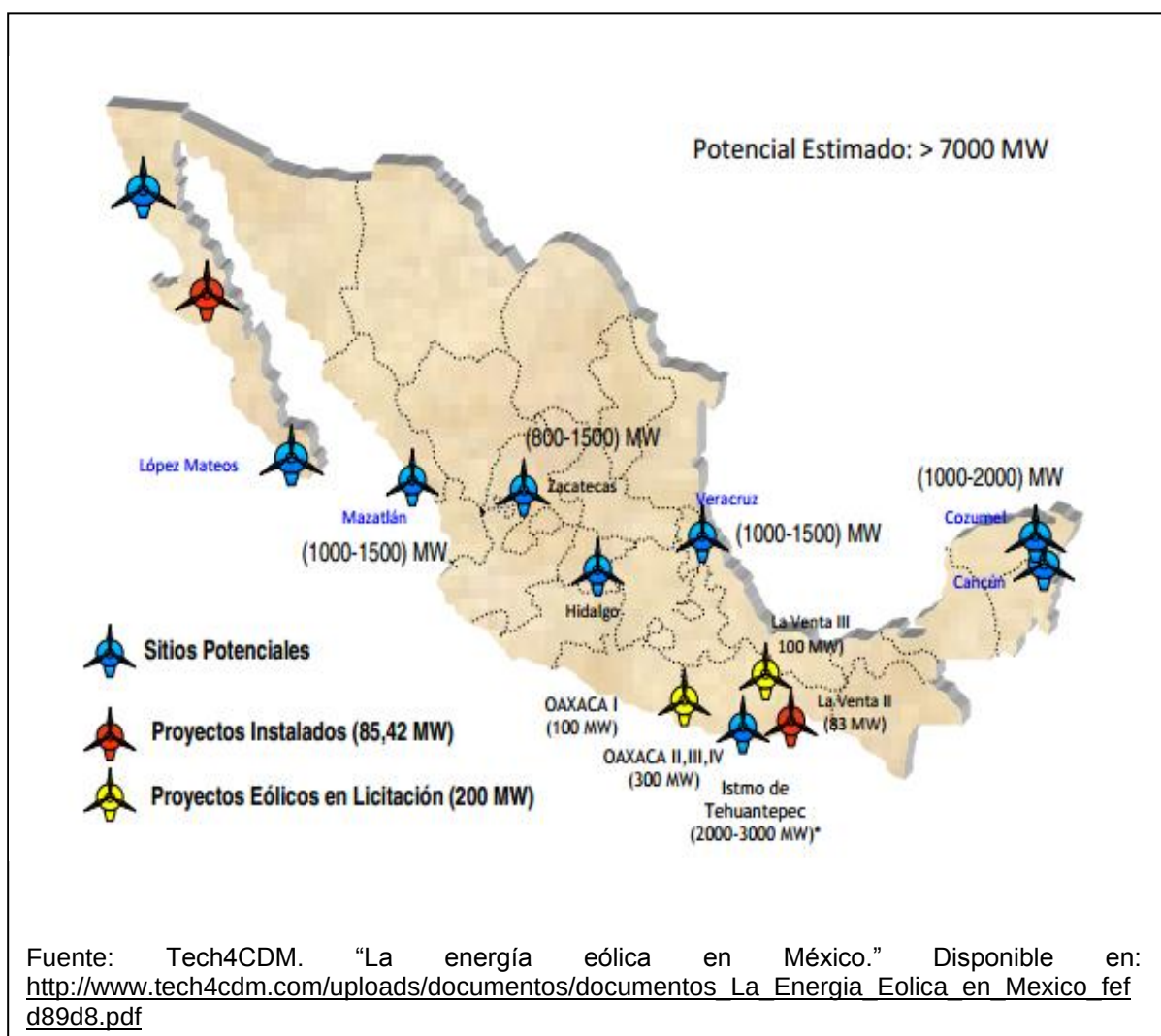
A través de estas nuevas legislaciones que hacen frente a un redireccionamiento de las acciones del gobierno en materia de seguridad energética, se ve reflejada la poca capacidad del Estado y la falta de interés en sus capacidades para el suministro energético - seguro, confiable, a bajo costo y sin dañar el medio ambiente.

⁹² Marco A. Borja Díaz, Oscar A. Jaramillo Salgado y Fernando Mimiaga Sosa. *Op. Cit.*, pág. 58.

3.2 Potencial de la industria eoloeléctrica mexicana

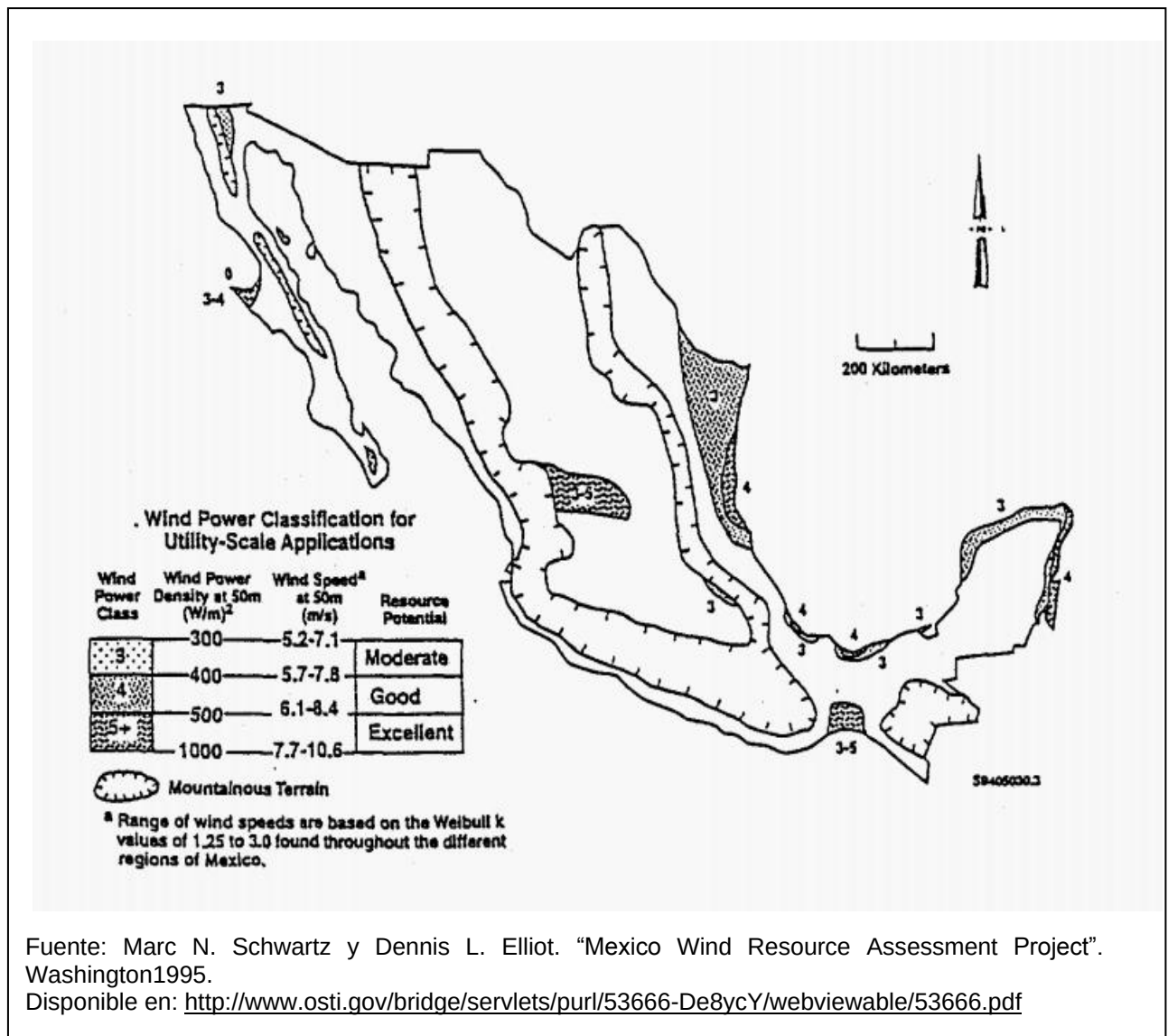
La Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMEE) estima que las zonas de los estados de Baja California Norte, Sur, Zacatecas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo podrían aportar hasta 10,000 MW de capacidad al parque eléctrico nacional.

Imagen 6. Distribución geográfica del recurso potencial eólico



Comparando ambos mapas, la imagen 7 corresponde al año 2008, mientras que la imagen 8 al año 1998; en ambos, el potencial eólico se ubica en los estados de: Baja California Norte, Baja California Sur, Tamaulipas, Hidalgo, Zacatecas, en el litoral del sur de Veracruz, en el litoral sur de Oaxaca, Yucatán y Quintana Roo.

Imagen 7. Clasificación del potencial eólico según su escala de aplicación

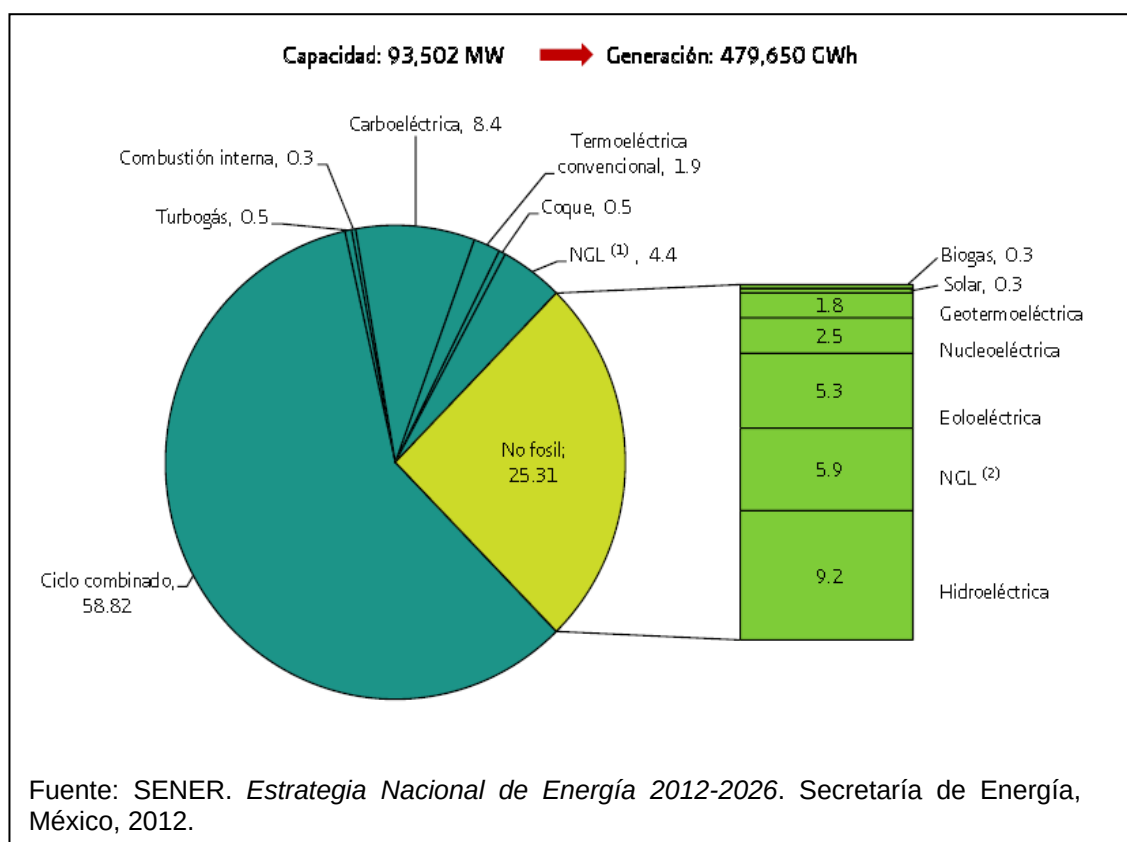


Fuente: Marc N. Schwartz y Dennis L. Elliot. "Mexico Wind Resource Assessment Project". Washington 1995.
 Disponible en: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/53666-De8ycY/webviewable/53666.pdf>

En México, derivado de la preocupación energética se dio a conocer la Estrategia Nacional de Energía 2012-2025 (ENE), misma que plantea delinear el camino del sector energético mexicano con un horizonte de quince años, su objetivo es alcanzar en un 35% el suministro energético, a través de las energías renovables, para el año 2025.

En la primera gráfica se muestra el escenario inercial de seguir con los esfuerzos presentes; sólo se llegaría al 25%, teniendo a la participación eoloeleétrica de sólo 5.3% del sistema eléctrica nacional.

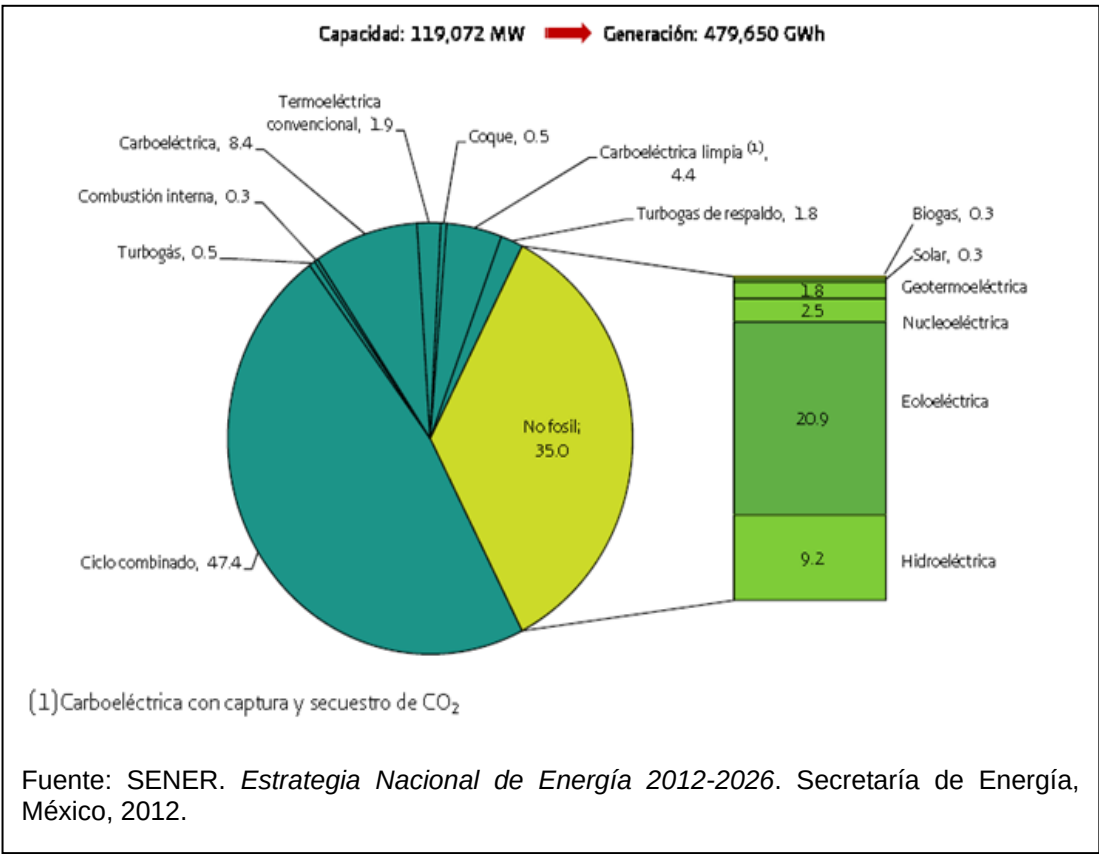
Gráfica 11. Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional en 2026, escenario inercial



En la siguiente gráfica se muestra que, con un esfuerzo mayor por parte del gobierno y por parte de las licitaciones de la SENER se podría incrementar en un 35% la participación de las energías renovables, teniendo a la energía eólica como principal fuente de energía renovable en un 20.9%, es decir, un incremento del 800% de la capacidad actual de energía eólica.

La diferencia entre el escenario inicial y el escenario ENE con mayor participación de energía eólica es de 4,117 millones de dólares (USD) anuales, del 2012 al 2026. Lo cual implica obstáculos económicos y financieros pero sobre todo políticos, pues es menester del Poder Ejecutivo, a través de la paraestatal de CFE y de la SENER, el llegar a la meta planteada. Aunado a esto, habrá trabas sobre todo en el Congreso de la Unión para la aprobación del Presupuesto de Egresos de la Federación para destinar el monto de 4,117 millones de dólares (USD) anuales para el aumento de la participación de la energía eólica al SEN.

Gráfica 12. Generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional en 2026, Escenario ENE con energía eólica



Se ha demostrado que la energía eólica es una de las industrias energéticas que más ha crecido en la última década; pues dicha industria está atrayendo IED, y desarrollo de tecnología a nuestro país, como oportunidad de comercio, importación y exportación de energía; así como la oportunidad de la compra de bonos de carbono.

Uno de los beneficios sociales es el comparar los costos de la generación de la energía eólica con los ahorros de la extracción de los combustibles fósiles y su repercusión en el ecosistema.

La reducción de 1,626 ktons/año de CO₂ por parte de los seis proyectos eólicos que existen en la cartera de los MDL en México, que dio a conocer el Comité para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI)⁹³ es un ejemplo de los beneficios reales.

Indudablemente, la tecnología continúa evolucionando; antes existían aerogeneradores agrupados en parques eólicos que podían suministrar un rango de energía de entre 3 y 6 MW, en la actualidad existen parques eólicos con una generación de hasta 1,000 MW.⁹⁴

A su vez, el desarrollo y la investigación están comenzando a ser una industria productiva para la eoloeléctrica; así que en México ya se cuenta con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) con el propósito de superar los obstáculos tecnológicos que se presentan en la nación.

Y a pesar de todas las oportunidades que se han planteado y replanteado a lo largo del capítulo, aún quedan desafíos que se pueden llegar a convertir en obstáculos para el posicionamiento de la industria eoloeléctrica en México.

⁹³ Miguel Ángel Cervantes Sánchez. *Oportunidades del MDL en México*. COMEGEI, México, 2010, pág. 14.

⁹⁴ Scott Kennedy. "Wind power planning: assessing long term costs and benefits." *Energy Policy*, no. 33, 2005.

3.3 Desafíos políticos, sociales y económicos de la implementación de los parques eólicos

Por haber dado un gran paso en la industria eoloeléctrica en México de la generación de 1.5 MW en 1994 hasta de 2,546 MW en el 2012, el gobierno mexicano enfrenta una gran cantidad de desafíos, que si son pasados por alto sin dar soluciones pertinentes podrán llegar a ser obstáculos para la seguridad energética del país. Y no sólo eso, al tener estos obstáculos podrían disminuirse las oportunidades de IED, reducción de GEI, y dejar pasar la oportunidad de convertir al país en uno de los líderes regionales en la industria eólica.

En cumplimiento con lo establecido por el Congreso de la Unión, la Estrategia Nacional de Energía 2012-2025 (ENE) delinea el rumbo del sector energético mexicano con un horizonte de 15 años.⁹⁵

Recuadro 6. Ley Orgánica de Administración Pública Federal

Artículo 33:

“El Ejecutivo Federal enviará al Congreso, en el mes de febrero de cada año, para su ratificación en un plazo máximo de 30 días hábiles, a Estrategia Nacional de Energía con un horizonte de quince años, elaborada con la participación del Consejo Nacional de Energía”.

Fuente: Ley Orgánica de Administración Pública Federal.

Los pesos y contrapesos que existen en el gobierno mexicano deberán estar en total equilibrio para que el proyecto mexicano de seguridad energética y diversificación de la matriz energética que se está llevando a cabo. Es innegable que a partir del nuevo sexenio 2012- 2018, se tendrá una polémica dentro del Congreso de la Unión y el poder Ejecutivo; es por ello que, de no seguir los lineamientos de esta ENE se podría dejar en el olvido, y apartar a México de la oportunidad de un nuevo tipo de industria y protagonismo regional.

⁹⁵ Secretaría de Energía. “Estrategia Nacional de Energía 2012-2026”, *Op. Cit.*, pág. 3.

Por otra parte, se están haciendo modificaciones a los reglamentos de medio ambiente por la urgencia de colocar energías favorables para el sustento de la seguridad energética.

Es necesario destacar que la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, que establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eoloeléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2006, ha sido removida porque se llegó a la conclusión de que:

“No obstante, la generación eoloeléctrica, como cualquier instalación eléctrica, tiene impactos ambientales tanto locales como regionales, relativos principalmente a especies de fauna voladora, tanto residente como migratoria. Aunado a ello, el marco legal vigente limita la posibilidad de establecer en una norma oficial mexicana, criterios técnicos que puedan ser aplicados por los desarrolladores de proyectos eoloeléctricos a nivel regional, de manera tal que se consideren los impactos ambientales sinérgicos, residuales y acumulativos.”⁹⁶

Las políticas públicas para aumentar la participación de la energía eólica al suministro nacional energético están aumentando, aunque atropellen políticas ambientales, relacionadas con la flora, la fauna y los ecosistemas. Este podría presentarse como desafío, pues el primer objetivo para alentar el uso de la energía eólica fue para el mismo cuidado del medio ambiente, y los proyectos eólicos siempre deberán ir en concordancia con sus objetivos, el sustento de la seguridad energética del país, a través de la preservación del medio ambiente.

La falta de capital humano, proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados frena a la población en incluirse a los proyectos de parques eólicos, pues que se contratan extranjeros y personas foráneas capacitadas, lo cual hace que las comunidades adyacentes a los parques se vean tan desapegados y, por ende, tengan un bajo nivel de cohesión y empatía.

⁹⁶ Diario Oficial de la Federación. “Suplemento del programa nacional de normalización 2009.” México, 07 diciembre, 2009. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5108366&fecha=07/09/2009

Asimismo, el despojo y la privatización de terrenos toman forma de contratos de arrendamiento de las propiedades ejidales y comunales por las empresas Unión Fenosa, Gamesa, Endesa, Eloiac, Prénela, Iberdrola, General Electric, Enron y EDS de Francia, las cuales imponen a los labriegos contratos por 30 años con renovación automática por 30 más.

Ante el despojo, los afectados en el Istmo de Tehuantepec interpusieron 175 demandas de nulidad en los tribunales civiles del estado, pero no han recibido respuesta.⁹⁷

De continuar ignorando a la población, que es la que realmente sufre los beneficios y los riesgos, se tendrá una serie de problemas que frenarán, sin duda alguna, la inversión privada y el aumento de este tipo de industria.

Dentro de los desafíos económicos que encuentra el Estado mexicano es la barrera tecnológica que impide el crecimiento y la continuación de la industria eoloeléctrica. La falta de adaptación de los aerogeneradores a los regímenes de viento específicos de cada zona atrasa los proyectos y debe adecuarse la tecnología para cada parque eólico.

Por ejemplo, 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.⁹⁸ Lo cual retrasa las labores de operación y entorpece el mantenimiento de las máquinas.

Por su parte, la integración a la red de suministro es un problema a solucionar, ya que los parques eólicos se localizan en áreas con baja densidad de población, donde frecuentemente las redes eléctricas son débiles y requieren ser reforzadas y mejoradas; además de que las redes de transporte son precarios.⁹⁹

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

⁹⁷ Matilde Pérez U. "Empresas del proyecto eólico del Istmo abusan de ejidatarios." *La Jornada web*. 15 mayo 2008. Disponible en:

<http://www.jornada.unam.mx/2008/05/15/index.php?section=politica&article=008n1pol>

⁹⁸ Proyecto Tech4CDHM. *Op. Cit.*, pág. 23.

⁹⁹ Proyecto Tech4CDHM. *Op. Cit.*, pág. 24.

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.

CONCLUSIONES

Sin duda alguna, la definición de seguridad energética se modificó por la percepción de independencia energética al añadir a su definición la reducción de los impactos ambientales. Por ende, las energías renovables se están posicionando como la alternativa de la seguridad energética de algunos países, pues la disponibilidad de los recursos naturales que se cuentan dentro del territorio de algunos países: las corrientes del viento, las corrientes marinas, la recepción de luz solar, entre otros, pertenecen a los ciclos naturales de la naturaleza y no causan impactos en ella.

Si bien los gobiernos no han comenzado a incentivar el desarrollo y uso completo de este tipo de tecnologías, lo harán en los próximos años.

El efecto geopolítico energético de la comunidad internacional hacia México es optar por las energías renovables al tomar conciencia de los vastos recursos naturales con que se cuentan para la generación de energías renovables y modificar la percepción del individuo dentro de su espacio; pues los obstáculos del cambio climático demuestran que de no disminuir la emisión de GEI el país quedará fuera de algunas negociaciones internacionales de carácter mayor.

El régimen internacional del cambio climático muestra efectos interesantes en la toma de decisiones de los países, pues estos adquieren compromisos de carácter público con la comunidad internacional con la finalidad de obtener ganancias relativas en otras negociaciones internacionales.

Específicamente la geopolítica energética, estudio que analiza a la seguridad energética, deriva del término de la autonomía de los Estados para proveer la energía necesaria para la supervivencia del Estado-Nación; el hecho de que se use a la energía eólica, a pesar de que aún no es competitivo en el mercado internacional en relación con otras fuentes de energía por su relación entre costo y eficiencia, la CFE eligió a la eólica para tener ganancias relativas y posicionarse como líder en la región latinoamericana al pactar el compromiso de reducir los GEI y elevar la producción eoloelectrónica.

Este efecto en México refleja la búsqueda del liderazgo regional latinoamericano, al ser el primer país de la región en anunciar la reducción del 50% de los GEI que afectan el fenómeno del cambio climático. A su vez, la estrategia deberá reflejarse en la colocación de los parques eólicos, pues al contar con este tipo de tecnología dentro del territorio, no solo se aprovechan los recursos naturales, se suministra la energía eléctrica a diferentes poblados, sino que también podría superar a Brasil como líder regional de la energía eólica.

Ante un nuevo cambio de paradigma, en donde el régimen internacional de cambio climático se ve totalmente influenciado por la búsqueda de alternativas para el desarrollo social y económico, la cooperación internacional entre los países será fundamental para poder llevar a cabo políticas en conjunto y estándares internacionales para el acceso a la energía eléctrica sustentable. No obstante, seguirá siendo el Estado el vector de las políticas públicas y el único actor internacional capaz de dirigir y abrir la competitividad de la tecnología y el mercado renovables.

Es por ello que, la propuesta teórica de esta tesis es colocar al Estado como aquel que dirige las acciones geopolíticas energéticas dentro de su territorio, pero al enfrentarse con un nuevo cambio de paradigma tendrá que requerir tecnología, desarrollo e investigación de la inversión privada para poder colocar a los parques eólicos dentro del territorio.

Los esfuerzos que los organismos internacionales, las empresas transnacionales y los foros de debate sobre energía renovable están haciendo son para incentivar a los Estados a adoptar políticas públicas efectivas para el posicionamiento de la energía eólica en sus países, y, no sólo eso, sino para derribar las barreras arancelarias y no arancelarias que esta industria enfrenta es creciente.

El mercado energético mundial es de los más necesarios para la subsistencia, desarrollo y evolución de las economías de los Estados; es por ello que, en la mayoría de los casos estas barreras tienen que ver más con cuestiones políticas y sociales que con cuestiones económicas o financieras.

En México, el potencial eoloeléctrico, además de abastecer podrá también exportar al norte y al sur del país; la extensión territorial es vasta y las zonas de flujo aéreo de gran potencial para la energía eólica, sin dejar de lado la viabilidad de los parques eólicos *offshore* en ambos océanos, Atlántico y Pacífico.

Pero a pesar de estos recursos naturales para la energía eólica, la inversión privada extranjera es la que está acaparando el mercado, lo cual se volverá contraproducente para CFE porque aunque siga siendo la institución que vigila y regula la administración de energía eléctrica, en un futuro no muy lejano podrá acabar como la compradora de este tipo de energía eficaz, segura, limpia y sustentable.

Es indudable que al aumentar la inversión privada se reduce la carga financiera al Estado en la generación, abastecimiento y suministro de la energía eólica y poco a poco se está descentralizando este proceso; a pesar de ello, debe buscarse una integración con la sociedad civil, los ejidatarios y los habitantes de las regiones de los parques eólicos para la integración de los proyectos. Podrá haber grupos de enfoque, consensos y encuestas para el mejoramiento de las zonas aledañas; así como la implementación de parques eólicos a pequeña escala para los poblados más alejados a las plantas eléctricas.

Mediante las adecuaciones legales y jurídicas, los incentivos fiscales y los donativos de organismos internacionales, México ha podido aumentar su porcentaje de industria eoloeléctrica a la matriz energética nacional; aún no es suficiente, pues si bien instituciones como CFE y CRE siguen siendo las vigilantes de la energía eléctrica del país, también es cierto que aún no cuentan con la tecnología para establecer proyectos de orden público. Con base a este trabajo de investigación, se recolectaron datos de las diferentes tecnologías de energías renovables, el posicionamiento en el mundo, su importancia y la continua oferta y demanda de la energía eólica como suministradora de energía limpia y amigable con el medio ambiente.

El objetivo general de la investigación realizada permitió esclarecer datos básicos sobre la tecnología de la energía eólica, su actual campo de mercado, el potencial de colocación en diferentes regiones del mundo; y en consecuencia, su

impacto en las estrategias geopolíticas energéticas de los países, además de una prospectiva del mercado de la industria eoloeléctrica en los años por venir.

El identificar las acciones que el gobierno mexicano está llevando a cabo para la apertura de concesiones y licitaciones en la construcción de parques eólico, así como las modificaciones que se le han hecho al marco jurídico-legal relacionados con la producción energética en el país, permite vislumbrar una inercia, más no un protagonismo en la concientización y racionalidad de garantizar la seguridad energética mexicana mediante el abastecimiento y suministro seguro e ininterrumpido.

Lo que nos lleva a corroborar la hipótesis planteada en la introducción de la tesis: “El estudio de la geopolítica energética puede aumentar la participación de la energía eólica para el sustento de la seguridad energética de México.”

A pesar de que el país posee una visión fija de mantener la autonomía en la regulación de la energía proveniente de la industria eoloeléctrica a través de la Comisión Reguladora de Energía, nos presenta ventajas para las instituciones burocráticas, a su vez presenta desventajas porque difícilmente se podrán tener parques eólicos independientes a pequeña escala, suministrados por localidades o comunidades en donde el suministro energético es precario.

Pero a su vez, la ventaja es que siendo el Estado el vigilante de las políticas energéticas de la industria eoloeléctrica, la visión de corto y mediano plazo será la exportación de la energía proveniente de los parques eólicos misma que generará mejoras a la infraestructura de la red de suministro mexicana y presentará una mayor entrada de capital al país.

A pesar de los obstáculos que la industria eoloeléctrica se enfrenta, el gobierno sigue siendo eje modular de la promoción de este tipo de energía renovable ya que reconoce la posición estratégica de México en el mundo y su vasto territorio como variables positivas para la implementación de parques eólicos. En virtud de esto, la geopolítica energética de México dentro de la industria eoloeléctrica tiene tintes neoliberales; aunque el Estado continúe siendo columna vertebral de la producción energética nacional.

En el tema de las patentes y la transferencia de tecnología se prevé que ocurra a largo plazo, pues aun no existen empresas mexicanas con capacidad de producción de aerogeneradores a gran y tendrán que seguir importándose de países productores como Dinamarca, China o España.

Por otra parte, los beneficios sociales que se tienen esperados pocos podrán concluirse, la marginación y la pobreza en zonas aledañas a los parques eólicos permanecerá si no se lleva a cabo una adhesión social y una integración de las comunidades a los proyectos. Es por ello que, aunque el gobierno mexicano considera pertinente un aumento del 34% de las energías renovables será difícil a llegar a esa meta por los impedimentos sociales y los derechos de la propiedad de la tierra, como los ejidos.

Según datos, se afirma que será en el 2030 cuando realmente se vean los efectos de la introducción de la tecnología eoloelectrica y los nuevos parques eólicos; por el momento México seguirá basándose en los combustibles fósiles y el aumento de la producción del gas natural.

Las licitaciones públicas que el gobierno otorga para la creación de parques eólicos y la conexión a las redes de transmisión eléctricas son utilizadas como instrumento para reducir la carga del Estado en el suministro y abastecimiento eléctrico proveniente de la energía eólica a todo el país. Es por ello que, se refleja en la descentralización de la generación de energía eólica por parte de la CFE; sin embargo, los beneficios de la energía eólica solo son utilizados por aquellos grupos de inversión privada, tanto nacional como extranjera, para el autoabastecimiento y el reconocimiento a sus empresas de ser amigables con el medio ambiente. Por su parte, el resto de la población continúa utilizando energía eléctrica convencional.

Mediante la modificación de la percepción del individuo que habita un espacio, provocada por los fenómenos del cambio climático, la geopolítica energética estudia el abastecimiento seguro y confiable de los insumos energéticos renovables, que reduzcan los impactos ambientales, que un país necesita. Esta modificación es elemento de la seguridad energética que busca reducir los impactos ambientales sin atrasar el desarrollo tecnológico, industrial y

económico de un país.

La geopolítica energética da pauta al estudio del territorio y de los recursos naturales, para la independencia de insumos energéticos foráneos; siendo el caso, el uso de energía eólica demuestra no solo el suministro seguro, confiable y que reduce riesgos ambientales; sino también demuestra un cambio en la percepción que el individuo tiene del espacio y del territorio que conquista.

La labor no es sencilla, pues no se trata de tener espacio en las discusiones internacionales de la energía eólica para ganar protagonismo y liderazgo en el tema sin hacer un análisis de los problemas y daños colaterales. Para ejecutar políticas públicas congruentes con la realidad, que sustente la seguridad energética de la nación mexicana, deben converger los ejes político, social y económico.

Sin esto, cualquier tipo de estrategia presentará beneficios sólo al capital privado extranjero, dejando de lado los primeros propósitos para la obtención de la seguridad energética de México.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Internacional de Energía. *Key world energy statistics*. IEA, Francia, 2010, 80 págs.
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf
2. Agencia Internacional de Energía. *World Energy Outlook*. IEA, Francia, 2011, 9 págs.
<http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2011sum.pdf>
3. American Wind Energy Association, *Global Wind Energy Market Report*. EUA, 2002, 66 págs.
http://www.gwec.net/fileadmin/documents/NewsDocuments/Annual_report_2011_lowres.pdf
4. Archer, Cristina L. y Jacobson, Mark Z. *Evaluation of global wind power*. Stanford University, 2005, EUA, 20 págs.
<http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/2004jd005462.pdf>
5. Asociación Mundial de Energía Eólica. *World Wind energy report 2010*. Alemania, 2011, 20 págs.
http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf
6. Borja, Jaramillo y Mimiaga. *Primer documento del proyecto eoloelectrica del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México, 2005, 199 págs.
<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Eolica/LibroProyectoEolico/ProyectoEolicoOaxaca.pdf>
7. Cersosimo, Luis Ángel. *El Estado y la conciencia geopolítica: espacio y cultura*. Biblioteca Jurídica UNAM. Argentina.
<http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/3/1014/23.pdf>
8. Cervantes Sánchez, Miguel Ángel. *Oportunidades del MDL en México*. OMEGEI, México, 2010.
[http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/temporales/foroCACC/forocacc-2-03_potencial_del_mdل_en_mexico_\(miguel_angel_cervantes\).pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/temporales/foroCACC/forocacc-2-03_potencial_del_mdل_en_mexico_(miguel_angel_cervantes).pdf)

9. Colgan, Keohane y Van de Graaf. *Institutional Change in the Energy Regime Complex*. Alemania, 2011, 34 págs
<http://147.142.190.246/joomla/peio/files2011/papers/Colgan,%20Keohane,%20Van%20de%20Graaf%2021.10.2010.pdf>
10. Consejo Coordinador Empresarial. *Cambio climático: una oportunidad para el sector empresarial*. Comisión de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable, México, 2009, 32 págs.
http://www.mapeorse.info/sites/default/files/Cambio_climatico_Oportunidad_para_el_sector.pdf
11. Del Peón Álvarez, Lorenzo. *Geopolítica y geoestrategia*. Ediciones Ateneo, México, 1980, 109 págs.
12. García Fariña, Mercedes. *El sector de las energías renovables en México*. Oficina de promoción de negocios de EXTENDA. México, 2011, 56 págs.
13. Global Wind Energy Council. *Global wind report: annual market update*. 2011.
http://www.gwec.net/fileadmin/documents/NewsDocuments/Annual_report_2011_lowres.pdf
14. Gómez, Laura Bárbara. *El mercado de energía eólica en México*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Monterrey, México, 2009, 71 págs.
15. Ladislaw, Sarah O. *Energy and Development trends: the role of rapidly emerging countries*. Center for Strategic and International Studies. México, 2011, 75 págs.
16. Ley de la Seguridad Nacional, México, 2005.
17. Luong, Pauline J. y Weintal, Erika. *Oil and Gas development strategies in Central Asia and beyond*. Yale, EUA, 1998, págs.
<http://www.yale.edu/leitner/resources/docs/1999-08.pdf>
18. Martínez, Mosquera y Merino Martínez, Luis. *Empresas y energías renovables*. Fundación Confemetal, Madrid, 2006, 299 págs.
19. Proyecto Tech4CDM. *La energía eólica en México*. México, 2009, 27 págs.

http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Energia_Eolica_en_Mexico_fefd89d8.pdf

20. Organización de las Naciones Unidas. *Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. ONU, EUA, 1992, 26 págs.
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
21. Organización de las Naciones Unidas. *Resolución de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas 65/151*. ONU, EUA, 2011, 3 págs.
22. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Oferta y demanda de energía: tendencias y perspectivas*. FAO, Bosques y energía, Italia, 2008, 70 págs.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s03.pdf>
23. Panel Intergubernamental del Cambio Climático. *Renewable energy sources and climate change mitigation*. IPCC, Cambridge University Press, USA, 2012, 1075 págs.
<http://srren.ipcc-wg3.de/>
24. Rogers, Paul. *Issues in International Relations*. Routledge, Reino Unido, 2000, 240 págs.
25. Ruiz Caro, Ariela. *La seguridad energética de América Latina y el Caribe en el contexto mundial*. CEPAL, Chile, 2007, págs.
<http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/32123/lcl2828e.pdf>
26. Secretaría de Energía. *Estrategia Nacional de Energía 2012-2026*. SENER, México, 2012, 179 págs.
http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf
27. Secretaría de Energía. *Las energías renovables para el desarrollo sustentable en México*. SENER, México, 2009. 70 págs.
http://www.energia.gob.mx/webSener/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf
28. Secretaría de Energía. *Prospectiva del Sector eléctrico 201-2025*. SENER, México, 2010, 227 págs.

29. Soren, Morthorst y Awerbuch. *The economics of wind energy*. The European Wind Energy Association. Bélgica, 2009, 156 págs.
[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics of Wind Main Report FINAL-lr.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL-lr.pdf)
30. Subsecretaria de Planeación estratégica energética y desarrollo tecnológico. *Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables*. SENER, México, 2009, 109 págs.
31. Vargas, Rosio. *Seguridad energética en México. Una evaluación en relación con la Declaratoria de San Petersburgo*. Fundación FESMES, México, 2007, 25 págs.
<http://www.fesmex.org/common/Documentos/Ponencias/Seguridad%20Energetica%20en%20Mex%20Rosio%20Vargas.pdf>
32. Wind energy: the facts.
Disponible en: <http://www.wind-energy-the-facts.org/es/part-i-technology/chapter-7-research-and-development/priority-rd-areas-in-wind-energy.html>

HEMEROGRAFÍA

1. Agencia Internacional de Energía. "IEA recognises ascent of renewable energy market with new report forecasting developments up to 2017". *IAEA web*.
http://www.iea.org/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=434
2. Asociación Mexicana de Energía Eólica.
<http://www.amdee.org/Images/Proyectos%20Generacio%CC%81n%20Ele%CC%81ctrica.pdf>
3. Cadena Montenegro, José Luis. "La geopolítica y los delirios imperiales de la expansión territorial a la conquista de mercados." *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, no. 1, 2006, págs. 115-141.
<http://www.umng.edu.co/docs/revrelinter/vol1/Geopolitica.pdf>
4. Cruz Velázquez, Bettina. "Desarrollo regional en el Istmo de Tehuantepec: una perspectiva desde el territorio". *Aquí estamos*, Revista de ex becarios indígenas del IFP, México, no. 8, 2008, 57 págs.
<http://ford.ciesas.edu.mx/downloads/Revista8.pdf>
5. Deal, Walter F. "Wind power: an emerging energy resource". *Technology and engineering teacher*, EUA, vol. 70, 2010, 9 págs.
6. Diario Oficial de la Federación. "Suplemento del programa nacional de normalización 2009." DOF, México, septiembre 2009.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5108366&fecha=07/09/2009
7. Dorantes Rodríguez, Rubén José. "Las energías renovables y la seguridad energética nacional." *Academia de Ingeniería*, México, 2008, 10 págs.
<http://www.ai.org.mx/archivos/coloquios/5/Las%20Energias%20Renovables%20y%20la%20Seguridad%20Energetica%20Nacional.pdf>
8. Efe. "Acciona invirtió 670 millones de dólares en parque eólico del sur de México". *Infolatam en línea*, 07 marzo, 2012.

- <http://www.infolatam.com/2012/03/07/accion-invirtio-670-millones-de-dolares-en-parque-eolico-del-sur-de-mexico/>
9. El semanario. "Columnas y artículos financieros". *El semanario en línea*, http://elsemanario.com.mx/categorias/Prensa/?id=25¬a_id=5344.
 10. Energías renovables. "Energía eólica en México". <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2011/02/04/energia-eolica-en-mexico-2/>
 11. Galán, José. "Licitaciones en CFE benefician transnacionales". *La Jornada en línea*, 16 de mayo, 2007. <http://www.jornada.unam.mx/2007/05/16/index.php?section=economia&article=023n2eco>
 12. García, Karol. "Piden en la CRE más autonomía para el órgano". *El economista web*. 16 mayo, 2012. <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/05/16/piden-cre-mas-autonomia-organo>
 13. Gautroff, Manfred Enrique y Chavarro Miranda, Fernando. "Geopolítica, poder y capacidad nacional: Una aproximación econométrica." *Criterio Libre*, México, 2009, no. 10, págs. 13-49.
 14. Global Wind Energy Council. "About us." <http://www.gwec.net/index.php?id=10&L=0%2Findex.php%3Fi%98d%3D>
 15. Global Wind Energy Council. "News." [http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=362&tx_ttnews\[backPid\]=97&cHash=3da4fcab9e](http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=362&tx_ttnews[backPid]=97&cHash=3da4fcab9e)
 16. Global Wind Energy Council. "Large scale integration of wind energy into electricity grids." <http://www.gwec.net/index.php?id=146&L=0%25252525252Findex.php%25252525253Fid%25252525253Dhttp%25252525253A%25252525252F%25252525252Fmusicadelibreria.net%25252525252Ffooter%25252525253F%25252525253F>
 17. Herrera Medrano, Daisy. "Tamaulipas: campo fértil para energía limpia". *La Capital, expresión de Tamaulipas*, 9 mayo 2012.

http://www.lacapital.com.mx/noticia/13235Tamaulipas_campo_fertil_para_e_nergia_limpia

18. Infolatam. "América latina: crece mercado de fusiones y adquisiciones en primer trimestre 2012." *Infolatam en línea*, 09 mayo, 2012.
<http://www.infolatam.com/2012/05/09/america-latina-crece-mercado-de-fusiones-y-adquisiciones-en-primer-trimestre-2012/>
19. Instituto de Investigaciones Eléctricas. "Proyecto de Máquina Eólica Mexicana".
http://www.iie.org.mx:8080/SitioGENC/Folletos/01b_Proyectos_PMEM.pdf
20. Kennedy, Scott. "Wind power planning: assessing long term costs and benefits". *Energy Policy*, EUA, 2005, no. 33, págs. 1662-1675.
<http://www.apmaths.uwo.ca/~mdavison/library/natasha/windpenetrationEP.pdf>
21. Las escuelas geopolíticas en el mundo y la formación de un diseño geopolítico mexicano. "Definiciones de geopolítica". UNAM, México.
<http://ciid.politicas.unam.mx/semgeopolitica/geopolitica.php>
22. León, Mariana. "En riesgo, aves migratorias por tala y cambio climático". *El Universal web*, 13 mayo 2012.
<http://www.eluniversal.com.mx/nacion/196501.html>
23. Melgar, Lourdes y Velasco Ibarra, Enrique. "Seguridad energética: reflexión en torno a los retos y las alternativas", *Foreign Affairs Latinoamérica*, México, 2007, no. 2, 112-119 págs.
24. Mendoza Morales, Alberto. "Globalización y geopolítica". Sociedad geográfica de Colombia, Colombia.
<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/1global.pdf>
25. Mexican business Web. "Mase Energy construirá proyecto eólico en San Luis Potosí." *Mexican Business Web*, 05 diciembre 2010.
<http://www.mexicanbusinessweb.com/noticias/inversiones-energetico.phtml?id=1745>
26. Moyano, Gerardo. "Van estados fronterizos por más energía verde." *Biznews web*, 07 mayo 2012.

- http://www.biznews.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3337:van-estados-fronterizos-por-mas-energia-verde&catid=41:energia
27. Navarrete, José Eduardo. "Seguridad y Transición energéticas." *Metapolítica*, 2008, no. 60.
 28. Ó Tuathail, Gearóid. "Understanding critical geopolitics: geopolitics and risk society." *Journal of strategic studies*, EUA, vol. 22, 1999, 105-124 págs.
<http://www.nvc.vt.edu/toalg/Website/Publish/papers/stratstud.html>
 29. Ordóñez Playa, Gabriel y Osma Pinto, Germán Alfonso. "Desarrollo sostenible en edificaciones", *Perspectivas UIS Ingenierías*, Colombia, no. 1, 2010.
 30. Pérez U, Matilde. "Significativo ahorro del petróleo si se impulsa la energía eólica: CFE." *La Jornada web*, 6 septiembre 2007.
<http://www.jornada.unam.mx/2007/09/06/index.php?section=sociedad&article=040n2soc>
 31. Pérez U., Matilde. "Empresas del proyecto eólico del Istmo abusan de ejidatarios". *La Jornada, web*, 15 mayo 2008.
<http://www.jornada.unam.mx/2008/05/15/index.php?section=politica&article=008n1pol>
 32. Promexico. "Perfil del sector de energías renovables."
http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector
 33. Proyecto Mesoamérica. Interconexión eléctrica México-Guatemala
<http://www.proyectomesoamerica.org/>
 34. Proyecto Mesoamérica. "Interconexión eléctrica mesoamericana"
<http://www.proyectomesoamerica.org/>
 35. Quadri de la Torre, Gabriel. "Calentamiento global, bienes públicos y mercado de carbono". *Foreign Affairs Latinoamérica*. México, 2007, no. 3, 109-131 págs.
 36. Recharge: the global source for renewable energy news. Recharge news.
<http://www.rechargenews.com/energy/wind/article306897.ece?cmpid=rss>

37. Rekondo Erro, Txente. "Geopolítica energética en las repúblicas ex soviéticas de Asia Central." *Cuadernos constitucionales de la Cátedra Fadrique Furió Ceriol*, España, 2003, no. 43, 165-184 págs.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1129383>
38. REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
<http://www.ren21.net/>
39. Renewable policy network for the 21st century. "Renewable 2011: global status report".
http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf
40. Secretaría de Energía, "Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Energía 2007-2012", *Diario Oficial de la Federación*. 21 de febrero, 2008
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo140.pdf>
41. Secretaría de Energía, "Se presentó el atlas potencia eólica y solar para un México más fuerte". *Comunicado 84 BIS*. 07 diciembre, 2010.
<http://www.sener.gob.mx/portal/Mobil.aspx?id=1813>
42. Terra Economía. "Invierte Soriana en energía eólica". *Terra web*. 15 mayo, 2012.
http://economia.terra.com.mx/noticias/noticia.aspx?idNoticia=201205151924_REF_81206002
43. United Nations Environment Programme.
<http://www.unep.org/themes/energy/?page=home>
44. Wind energy: the facts.
<http://www.wind-energy-the-facts.org/es/part-i-technology/chapter-7-research-and-development/>
45. World Wind Energy Association. Mission.
http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=29

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS OFICIALES

1. Academia de Ingeniería.
<http://www.ai.org.mx/>
2. Agencia Internacional de Energía.
<http://www.iea.org/>
3. American Wind Energy Association.
<http://www.gwec.net />
4. Asociación Mexicana de Energía Eólica.
<http://www.amdee.org />
5. Asociación Mundial de Energía Eólica.
<http://www.wwindea.org />
6. Center for Strategies and International Studies.
<http://csis.org />
7. Centro de Investigación en Energía.
<http://www.cie.unam.mx />
8. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.
<http://unfccc.int />
9. Diario Oficial de la Federación.
<http://www.dof.gob.mx />
10. El economista.
<http://eleconomista.com.mx />
11. El semanario.
<http://elsemanario.com.mx />
12. El universal.
<http://www.eluniversal.com.mx />
13. Friedrich Ebert Stiftung.
<http://www.fesmex.org />
14. Fundación Dialnet.
<http://dialnet.unirioja.es />
15. Global Wind Energy Council.

- [http://www.gwec.net /](http://www.gwec.net/)
16. Información y análisis de América Latina.
[http://www.infolatam.com /](http://www.infolatam.com/)
17. Instituto de Investigaciones Eléctricas.
[http://www.iie.org.mx /](http://www.iie.org.mx/)
18. La capital.
[http://www.lacapital.com.mx /](http://www.lacapital.com.mx/)
19. La jornada.
[http://www.jornada.unam.mx /](http://www.jornada.unam.mx/)
20. Las escuelas de geopolítica en el mundo y la formación de un diseño geopolítico mexicano.
[http://ciid.politicas.unam.mx/semgeopolitica /](http://ciid.politicas.unam.mx/semgeopolitica/)
21. Mapeo de Promotores de la Responsabilidad Social Empresarial.
[http://www.mapeo-rse.info /](http://www.mapeo-rse.info/)
22. Mexican business.
[http://www.mexicanbusinessweb.com /](http://www.mexicanbusinessweb.com/)
23. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
[http://www.fao.org /](http://www.fao.org/)
24. Organización de las Naciones Unidas.
[http://www.un.org/es /](http://www.un.org/es/)
25. Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
[http://srren.ipcc-wg3.de /](http://srren.ipcc-wg3.de/)
26. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
[http://www.unep.org /](http://www.unep.org/)
27. Programa Internacional de Becas de Posgrados para Indígenas.
[http://ford.ciesas.edu.mx /](http://ford.ciesas.edu.mx/)
28. ProMéxico.
[http://www.promexico.gob.mx /](http://www.promexico.gob.mx/)
29. Proyecto Mesoamérica.
[http://www.proyectomesoamerica.org /](http://www.proyectomesoamerica.org/)

30. Proyecto Tech4CDM.
<http://www.tech4cdm.com />
31. Rechargenews.
<http://www.rechargenews.com />
32. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
<http://www.ren21.net />
33. Secretaría de Energía.
<http://www.sener.gob.mx />
34. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
<http://www.sma.df.gob.mx />
35. Sociedad geográfica de Colombia.
<http://www.sogeocol.edu.co />
36. Stanford University.
<http://www.stanford.edu/>
37. The European Wind Energy Association.
<http://www.ewea.org />
38. Universidad de Western Ontario.
<http://www.apmaths.uwo.ca />
39. Universidad Militar Nueva Granada.
<http://www.umng.edu.co />
40. Universidad Virginia Tech.
<http://www.nvc.vt.edu />
41. Wind Energy: the facts.
<http://www.wind-energy-the-facts.org />
42. World Wind Energy Association.
<http://www.wwindea.org/>
43. Yale University.
<http://www.yale.edu />

LISTA DE ABREVIATURAS

AMEE. Asociación Mexicana de Energía Eólica.

BID. Banco Interamericano de Desarrollo.

BM. Banco Mundial.

CERTE. Centro Regional de Tecnología Eólica.

CFE. Comisión Federal de Electricidad.

CIATEQ. Centro de Tecnología Avanzada.

CIEI. Contrato de Interconexión para fuente de Energía renovable de tipo Intermitente.

CO₂. Bióxido de carbono.

COMEGEI. Comité para proyectos de reducción de emisiones y de captura de gases de efecto invernadero.

CPUC. Comisión de Servicios Públicos de California.

CRE. Comisión Reguladora de Energía.

ENE. Estrategia Nacional de Energía.

GEI. Gases de Efecto Invernadero.

GWEC. Consejo Global de Energía Eólica.

IEA. Agencia Internacional de Energía.

IED. Inversión Extranjera Directa.

IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas.

INDE. Instituto Nacional de Electrificación.

IPCC. Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

IRENA. Agencia Internacional de Energía Renovable.

LAERFTE. Ley del Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Fondo por la Transición Energética.

LSPEE. Ley del Servicio de Energía Eléctrica.

MDL. Mecanismos de Desarrollo Limpio.

MER. Mercado Eléctrico Regional.

OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

ONU. Organización de las Naciones Unidas.

OPEP. Organización de Países Exportadores de Petróleo.

OPF. Obra Pública Financiada.

PEMEX. Petróleos Mexicanos.

PERGE. Proyecto de Desarrollo de Energía Renovable a Gran Escala.

PIE. Productor Independiente de Energía.

PNUD. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PPB. Plan Puebla-Bogotá.

REN21. Renewable Energy Policy Network for the 21st century.

SDGE. San Diego Gas and Electric.

SEN. Sistema Eléctrico Nacional.

SENER. Secretaría de Energía.

TA. Temporada Abierta.

UNEP. Programa Ambiental de las Naciones Unidas.

WWEA. Asociación Mundial de Energía Eólica.