



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**EL APROVECHAMIENTO EÓLICO EN MÉXICO Y EL  
FINANCIAMIENTO SOCIAL DE PROYECTOS DE ENERGÍA  
RENOVABLE**

**T E S I S**

QUE PARA PRESENTAR EL EXAMEN DE GRADO DE:

**DOCTOR EN ECONOMÍA**

DE LOS RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE

**P R E S E N T A :**

**AIME URANGA ALVARADO**

TUTOR:

**DRA. ROSARIO H. PÉREZ ESPEJO**



2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, 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 donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO:**

Presidente:	<b>DRA. ÚRSULA OSWALD SPRING</b>
Secretario:	<b>DRA. ROSARIO H. PÉREZ ESPEJO</b>
Vocal:	<b>DRA. MA. DEL ROSIO VARGAS SUÁREZ</b>
1er. Suplente:	<b>DRA. GRACIELA ARROYO PICHARDO</b>
2do. Suplente:	<b>DR. FERNANDO RELLO ESPINOSA</b>

**TUTOR:****DRA. ROSARIO H. PÉREZ ESPEJO**

Agradezco a la Dra. Rosario H. Pérez Espejo por su valioso apoyo, sin el cual no me hubiera sido posible concluir con éxito esta tarea.

Un reconocimiento para mis profesores: Dra. Úrsula Oswald Spring, Dra. Graciela Arroyo Pichardo, Dra. Rosío Vargas Suárez, Dr. Fernando Rello Espinosa y Dr. Roberto Escalante Semerena, quienes me acompañaron a lo largo del proceso y contribuyeron con enriquecedores comentarios.

Mención especial a los aportes de los ingenieros Odón de Buen Rodríguez y Fernando Mimiaga Sosa, al Dr. Hugo Cervantes y a los pobladores de La Venta, Oaxaca, especialmente el Sr. Alejo Girón Carrasco.

Expreso mi profunda gratitud a mi padre, Ing. Iván Uranga Favela, cuyos conocimientos técnicos fueron pieza fundamental de esta investigación; y a mi hermana Sonia por su ayuda en las entrevistas realizadas en la Ciudad de Oaxaca y el Istmo de Tehuantepec.

Doy las gracias a mi madre, pues siempre me alienta en mis tareas académicas y profesionales.

Asimismo, reconozco el soporte administrativo proporcionado por el Dr. Clemente Ruiz Duran, la Mtra. Nayely León, Lic. Ana Mercedes Morales Palacios, Araceli Martínez Espinosa y Juanita.

**RESUMEN.** El principal propósito de esta investigación fue determinar si la producción eléctrica mediante energía eólica es una opción económico-ambiental adecuada para México frente a las tecnologías termoeléctricas que funcionan con gas, carbón y combustóleo. Asimismo, proponer una vía alternativa de expansión de la energía eólica en el país en manos de la sociedad, ya que actualmente los beneficios son acaparados por empresas transnacionales.

El estudio demostró la superioridad de la eólica en términos de emisión de contaminantes, daños a la salud, uso de agua, empleo de combustibles, eficiencia en la producción, precio de la electricidad y rentabilidad de la inversión. No obstante, los proyectos eólicos son inviables con una tasa de interés del 8.5 por ciento, que en México puede ser superior debido a la falta de controles sobre el sector financiero.

Por ello, se propone la formación de un Fondo de financiamiento social comandado por representantes de la sociedad, cuyo objetivo sea ejecutar a través de un cuerpo de expertos proyectos de energías renovables que eleven la calidad de vida de las comunidades involucradas, se incremente la contribución de las fuentes renovables en el suministro energético, se reduzca el costo de producción eléctrica y los efectos negativos del sector en el ambiente.

Los recursos económicos se obtendrán de la aportación de un centavo por kilowatt hora anual consumido por cada usuario de electricidad, lo cual equivale a que un consumidor doméstico aporte 26 pesos anuales y un comercial 56 pesos, colectando el primer año una cantidad suficiente para instalar 47 aerogeneradores llave en mano que dotaran a las comunidades de un pago justo por el alquiler de la tierra donde se instalen y un flujo de capital de 80 mil dólares al año por aerogenerador, libres para realizar diversas obras sociales definidas al interior de las comunidades. Este esquema permitirá absorber la mano de obra calificada disponible en el país y crear una industria eólica.

**ABSTRACT.** The main purpose of this research was to determine if the electricity through wind power is an environmental-economic option suitable for Mexico in comparison with the thermoelectric technologies that run on gas, coal and residual fuel oil. Also propose an alternative way of expansion of wind power in the country in the hands of society, because now the benefits are hoarded by transnational corporations.

The study demonstrated the superiority of wind energy in terms of emission of pollutants, damage to health, use of water, use of fuels, efficiency in production, the price of electricity and return on investment. However, wind projects are unworkable with an interest rate of 8.5 per cent, at Mexico may be higher due to the lack of controls over the financial sector.

For this reason, proposed the formation of social funding led by representatives of the society, whose aim is to run through a body of experts renewable energy projects that raise the quality of life of the communities involved, increase the contribution of renewable in energy supply, reduce the cost of electricity and the negative effects of the sector in the environment.

Economic resources be obtained from the tax of one penny for kilowatt hour annual consumed by each user of electricity, which is equivalent to a domestic consumer contribution 26 pesos annually and a commercial 56 pesos, collecting the first year enough to install 47 wind turbines turn-key which enhanced the communities of a payment just for the rental of the land where the is installed and a flow of capital from \$80,000 to the year for wind turbine, free to carry out various social projects defined within communities. This scheme will absorb the manpower available in the country and create a wind industry.

# Índice

<b><i>Introducción General</i></b> .....	<b>9</b>
Hipótesis.....	12
Objetivo general.....	13
Objetivos particulares.....	13
Estructura y contenido capitular.....	14
<b><i>1. La encrucijada energética mundial</i></b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Introducción</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 Las transformaciones energéticas</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 Dificultades en el suministro.....	20
1.2.2 Un agravante: el cambio climático.....	27
<b>1.3 Las fuentes renovables de energía</b> .....	<b>32</b>
<b>1.4 Conclusión</b> .....	<b>35</b>
<b><i>2. La expansión de la energía eólica en el ámbito mundial</i></b> .....	<b>36</b>
<b>2.1 Introducción</b> .....	<b>36</b>
<b>2.2 Los generadores convertidores de energía eólica (WEC)</b> .....	<b>37</b>
<b>2.3 La evolución tecnológica</b> .....	<b>38</b>
<b>2.4 El mercado eólico</b> .....	<b>41</b>
2.4.1 Producción y emisiones.....	41
2.4.2 Manufactura, operación y mantenimiento.....	43
2.4.3 Costos de investigación.....	44
2.4.4 Cadena de valor y empleo.....	46
<b>2.5 Las políticas públicas en la penetración eólica</b> .....	<b>47</b>
2.5.1 Internalización de externalidades.....	48
2.5.2 Sistemas de tarifa y cuota.....	51
<b>2.6 Conclusión</b> .....	<b>55</b>
<b><i>3. La energía eólica en México</i></b> .....	<b>56</b>
<b>3.1 Introducción</b> .....	<b>56</b>
<b>3.2 La dualidad en el sistema eléctrico</b> .....	<b>56</b>
3.2.1 Antecedentes.....	57
3.2.2 El servicio público y las actividades reguladas.....	58
3.2.2.1. Producción independiente.....	59
3.2.2.2. Autoabastecimiento.....	59
3.2.2.3. Cogeneración.....	60
3.2.2.4. Pequeña producción.....	60
3.2.2.5. Exportación.....	60
3.2.2.6. Importación.....	60
3.2.3 Transmisión, distribución y comercialización.....	61
<b>3.3 Las políticas de introducción de las fuentes renovables</b> .....	<b>62</b>
3.3.1 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables.....	62
3.3.2 Contratos de interconexión a la red.....	63
3.3.3 Depreciación acelerada.....	64

3.3.4 Bonos de carbono.....	64
<b>3.4 Los programas en materia de energías renovables.....</b>	<b>65</b>
3.4.1 Electrificación de comunidades rurales .....	65
3.4.2 Vivienda sustentable e Hipoteca verde.....	66
3.4.3 Agronegocios.....	66
3.4.4 Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE).....	67
<b>3.5 La contribución de la energía eólica al suministro nacional.....</b>	<b>68</b>
<b>3.6 Conclusión.....</b>	<b>70</b>
<b>4. El Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.....</b>	<b>72</b>
<b>4.1 Introducción.....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 Ubicación geográfica y recursos eólicos.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3 La concepción política .....</b>	<b>75</b>
4.3.1 Visión federal y regional: Integración energética.....	75
4.3.1.1. Iniciativa Mesoamericana de Interconexión Energética.....	76
4.3.1.2. Cooperación energética en América del Norte.....	78
4.3.2 Visión estatal: Desarrollo regional.....	80
<b>4.4 Los elementos asociados a la construcción del Corredor .....</b>	<b>82</b>
4.4.1 Adiciones en infraestructura.....	83
4.4.2 Resistencia social.....	85
4.4.2.1. Privatización del sector eléctrico.....	86
4.4.2.2. Contratos de arrendamiento.....	87
4.4.2.3. Contaminación.....	92
4.4.2.4. Transformación del paisaje .....	93
4.4.2.5. Pérdida de vegetación.....	93
4.4.2.6. Afectación de la fauna.....	94
<b>4.5 Conclusión .....</b>	<b>97</b>
<b>5. El modelo comparativo de tecnologías de generación eléctrica en México .....</b>	<b>99</b>
<b>5.1 Introducción.....</b>	<b>99</b>
<b>5.2 Una aproximación ambiental a la producción eléctrica.....</b>	<b>99</b>
5.2.1 Materiales y energía fósil.....	104
5.2.2 Emisiones contaminantes y salud .....	107
5.2.3 Consumo de agua .....	110
5.2.4 Eficiencia en la producción.....	111
5.2.5 Terreno .....	112
5.2.6 Resultados comparativos.....	113
<b>5.3 El modelo ERIGEE.....</b>	<b>115</b>
5.3.1 Conceptos básicos.....	115
5.3.2 Datos de entrada.....	118
5.3.3 Resumen de resultados.....	121
5.3.4 Escenarios ERIGEE eólica.....	124
5.3.5 Escenarios ERIGEE termoeléctricas.....	126
5.3.5.1. Los combustibles y el precio ERIGEE.....	128
5.3.5.2. Sensibilidad al costo del combustible.....	131
<b>5.4 Conclusión .....</b>	<b>134</b>
<b>6. El Fondo de Autofinanciamiento Social de Desarrollo de Energías Renovables (FASDER).....</b>	<b>136</b>
<b>6.1 Introducción .....</b>	<b>136</b>
<b>6.2 Proyectos eólicos, centralidad de lo social y política pública.....</b>	<b>137</b>
6.2.1 Los proyectos de energía renovable, el empleo y el salario.....	142

6.2.2 La gestión local y cooperativa.....	144
6.2.2.1. Alemania.....	144
6.2.2.2. Argentina.....	146
6.2.2.3. Dinamarca.....	147
6.2.2.4. España.....	150
6.2.2.5. Estados Unidos.....	151
6.2.2.6. Nicaragua.....	151
6.2.2.7. Reino Unido.....	151
<b>6.3 El financiamiento como factor limitante .....</b>	<b>152</b>
<b>6.4 Los Fondos de energía.....</b>	<b>156</b>
<b>6.5 El FASDER.....</b>	<b>157</b>
6.5.1 El costo del capital.....	157
6.5.2 Fuente de ingresos.....	160
6.5.3 Planeación de la inversión.....	162
6.5.4 Concepción del Fondo.....	163
6.5.5 Estructura general y funciones.....	165
<b>6.6 El tema de la industrialización.....</b>	<b>168</b>
<b>6.7 Propuestas adicionales.....</b>	<b>172</b>
<b>6.8 Conclusión.....</b>	<b>173</b>
<i>Conclusiones Generales.....</i>	<i>175</i>
<i>Referencias.....</i>	<i>179</i>
<i>Siglas y abreviaturas.....</i>	<i>190</i>
<i>Índice de tablas.....</i>	<i>195</i>
<i>Índice gráficas.....</i>	<i>196</i>
<i>Índice mapas.....</i>	<i>197</i>
<i>Índice cuadros.....</i>	<i>197</i>
<i>Índice ilustraciones.....</i>	<i>197</i>

## Introducción General

La eoloelectrica aporta 1.3% de la energía mundial y podría suministrar 12% en el 2050, atenuando el impacto negativo del sistema energético sobre el medioambiente al contribuir a la reducción de la emisión de dióxido de carbono y otros contaminantes (metano, óxidos de azufre y nitrógeno), consumo de agua, dilapidación de combustibles fósiles, entre otros.

A pesar del progreso tecnológico logrado por la eólica y otras energías renovables, éstas continúan proveyendo un reducido porcentaje al suministro de energía mundial, ya que deben competir con las fuentes convencionales en ausencia de marcos institucionales adecuados que fomenten su penetración en el suministro energético mundial, tales como subvenciones, exenciones fiscales, créditos blandos, políticas de fijación de precios, acuerdos de compras, etc. No obstante, cada vez más se observa un cambio en el sector dirigido a promover la diversificación energética haciendo uso de los recursos fósiles convencionales y no-convencionales, la nuclear y las fuentes renovables, con el fin de asegurar el suministro futuro y de mitigar las emisiones contaminantes causantes del cambio climático.

Inicialmente, el sistema está transitando hacia una mayor cobertura del gas, carbón y energía nuclear en sustitución del petróleo, pero a largo plazo y con el objetivo de asegurar nuestra supervivencia como especie, se deberá impulsar el dominio de las energías renovables a través del desarrollo de novedosos esquemas que eliminen las barreras que obstaculizan la adopción de estas energías de manera contundente en las esferas técnica, financiera, económica, política, social y ambiental.

En México, la energía eólica proporcionó únicamente el 1% de la producción eléctrica en 2007, pero se espera un franco incremento como resultado de la instalación de plantas en Nuevo León, Baja California, Tamaulipas, Quintana Roo y en Oaxaca, este último concentra el mayor número de proyectos a ejecutar. El impulso de esta fuente llegó cuando se concibió al viento como una opción útil en la reducción de la dependencia de los hidrocarburos, en la mitigación del cambio climático y en la ampliación de la cobertura eléctrica en comunidades aisladas y excluidas del desarrollo económico. La manifestación más clara fue la inclusión del tema en las negociaciones de corredores energéticos regionales e interregionales como el Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica y la Asociación para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte. Ambos establecen un área geográfica y económica que combina la producción a gran escala de energía en las zonas más aptas y el comercio de los excedentes hacia los grandes consumidores, facilitando dicho flujo a partir de la construcción conjunta de infraestructura *ad hoc*.

En esta línea, México instrumentó un programa propio de aprovechamiento y se puede constatar con los cambios en materia de política energética, la proliferación de parques eólicos públicos y privados en operación en el Istmo de Tehuantepec, el número de plantas proyectadas a futuro en esa zona y otras del norte del país con la

venia e interés de los gobiernos estatales. Las políticas de introducción de la energía eólica y otras renovables, contienen directrices que crean un nuevo nicho de negocios a la inversión privada, no sólo por la venta total de la producción o de excedentes al servicio público, sino también por el acceso a los flujos de capital nacional e internacional, ya sea vía subsidio o venta de bonos de carbono, lucrando con el cambio climático y la transición energética, por ejemplo, el caso de la producción a gran escala en manos de permisionarios como Endesa, Iberdrola, Électricité de France, Unión Fenosa, entre otros.

El resultado más evidente ha sido el acaparamiento de la producción eólica en manos de productores privados sumado al desmembramiento del sistema público derivado de la reforma de 1993, la cual estuvo encaminada a privatizar un servicio que hasta hace poco pertenecía totalmente al Estado. La producción se ha entregado paulatinamente a Productores Independientes de Energía (casi 50% de la energía destinada al servicio público en 2008), dedicando cuantiosas sumas de dinero del presupuesto de Comisión Federal de Electricidad (empresa estatal) a la compra de esta energía, mientras parte importante de su parque de generación está parado, incluyendo algunas plantas hidroeléctricas, lo que ha significado el aumento constante de los precios de la electricidad como resultado de la volatilidad en los precios del combustible.

Este contexto, refuerza la oposición de algunos de los pobladores del Corredor del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, respecto a la proliferación de granjas eólicas en su territorio, cuyos beneficios económicos van a parar – casi por completo- a manos de transnacionales, dejando migajas en la región. Por ello, proponen la construcción de un proyecto eoloelectrico colectivo e incluyente con el cual mejorar sus condiciones de vida.

Los elementos antes señalados han suscitado interés en el aprovechamiento de la energía eólica en México y han justificado la realización de diversos estudios dirigidos a abordar algunas cuestiones asociadas a dicha actividad, entre las que se pueden mencionar las aportaciones de:

- Velásquez (2001) ofrece un análisis de costos de las centrales de producción eléctrica en México (eólica, convencional, hidroeléctrica, turbogas y ciclo combinado), concluye que la eólica es competitiva frente al resto de las tecnologías (excluye aspectos ambientales).
- Domínguez (2005) aborda la experiencia de la Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo (UCIRI), respecto de la organización de sociedades de solidaridad social y comercio justo como alternativa para promover el desarrollo de comunidades menos favorecidas y la generación de conocimientos y estrategias de inserción en el mercado local, nacional e internacional.
- López (2005) aporta escenarios de abastecimiento de la demanda de electricidad en México con fuentes no contaminantes hasta el 2050 (solar y eólica). Evalúa posibles impactos de políticas de fomento en la utilización de estas nuevas tecnologías y demuestra que sostener un sector con tecnología convencional contaminante eleva el costo de abatimiento de los daños ambientales.
- El estudio elaborado por el Centro Mario Molina (2006) exhibe un análisis centrado en México sobre el

costo de diversas tecnologías de generación de electricidad y los beneficios derivados en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas.

- García (2006), mediante WindPRO un software especial de diseño y simulación de parques eólicos, propone la instalación de un parque eólico en el Istmo considerando las condiciones ambientales, tecnología, factor de planta, costo de combustible, costo de operación y mantenimiento, tiempo de vida del proyecto y seguridad. Hace hincapié en algunos aspectos técnicos con el objetivo de evitar el impacto negativo de la proliferación de parques eólicos sobre las aves y murciélagos sobre todo en el caso de incumplimiento de las normas oficiales mexicanas al respecto.
- Reyes (2008) se concentra en la creación de una estrategia de asimilación tecnológica en México con el fin de crear una industria eólica mexicana competitiva dentro y fuera del país, disminuyendo los costos de compra de equipo, mantenimiento, gastos de importación, etc.
- Avilés (2008) describe el reordenamiento del espacio socio-territorial en La Venta, Oaxaca, como resultado de los proyectos eólicos enmarcados en el Plan Puebla Panamá y presenta el debate respecto de los contenidos de dicha propuesta de desarrollo.
- Gómez (2009) se enfoca en las medidas de mitigación del impacto ambiental de los aerogeneradores en avifauna y murciélagos, y analiza detalladamente los estudios internacionales más importantes dedicados al tema. Asimismo, realiza una descripción sobre el avance tecnológico, costos involucrados en la producción eólica y políticas de promoción de la eoloelectricidad en la Unión Europea (UE), Estados Unidos (EUA), Asia y Latinoamérica.
- Portador (2009) realiza una revisión histórica de la importancia y transformaciones del Istmo de Tehuantepec y se enfoca en el reparto agrario y lucha campesina en relación con los proyectos petroleros, carreteros, hidroeléctricos, eólicos y, en general, de integración económica y física.
- Dolores (2009) estudia los asentamientos en el Istmo de Tehuantepec, estableciendo las interrelaciones entre localidades, ciudades y municipios, jerarquizando el grado de urbanización según la actividad económica, oferta de bienes y servicios, así como áreas de influencia.

Esta lista –sin ser exhaustiva- describe brevemente las preocupaciones de los autores entorno a la temática y el énfasis colocado en un aspecto u otro. En atención a ello y a las inquietudes derivadas del reciente interés por la eoloelectricidad en México y en el mundo, a continuación se presentan las hipótesis que guiaron el presente trabajo.

## Hipótesis

1. *La generación eoloelectrica es rentable frente a las tecnologías de generación eléctrica térmica (gas, combustóleo y carbón), sólo si se aplican medidas especiales de estímulo; esta es la razón de que la contribución eólica al suministro de energía en México sea muy reducido.*

2. *La política de aprovechamiento de la energía eólica a gran escala en México favorece únicamente la participación de grandes empresas privadas y el acaparamiento de los beneficios, ya que se encuentra en consonancia con los intereses de la política energética internacional y elude la aplicación de preceptos de carácter social en favor de las localidades involucradas.*

Respecto a la primer hipótesis, se debe decir que el aprovechamiento de la energía eólica se reveló como un negocio rentable capaz de soportar una tasa de interés menor a 8.5%, una baja tarifa en el kilowatt hora (kWh) y con un incremento casi nulo, todo ello a partir del pago de un bono de 14 dólares por tonelada de dióxido de carbono evitada y sin necesidad de ayudas gubernamentales especiales. Por su parte, las plantas termoeléctricas analizadas están siendo subsidiadas vía un pago del kWh mayor al de la eólica, con el objetivo de que puedan soportar los altos precios de los combustibles y la afectación que reciben por el incremento en la tasa de inflación. Esto significa que la hipótesis es rechazada, ya que en términos de rentabilidad conviene a México invertir en eoloelectricidad antes que en termoeléctrica basada en gas, carbón o combustóleo.

En relación con la segunda hipótesis, efectivamente la política de aprovechamiento de la energía eólica favorece el acaparamiento de los beneficios en manos de empresas privadas, pues alienta el pago de bajos alquileres de tierra, la seguridad en la propiedad de la tierra, la aplicación de un subsidio en la tarifa eléctrica dedicado a los productores privados, el apoyo gubernamental en la construcción de infraestructura adecuada y en la certificación de emisiones de carbono evitadas.

Las empresas eoloelectricas podrían pagar a los dueños de las tierras una renta aproximada de 50 dólares por metro cuadrado al año ( $m^2/a$ ), si se destina el total de los bonos de carbono obtenidos en una planta de 1,549 kW, o bien, 10.19 dólares por  $m^2/a$  dedicando solamente el 20% de dichos bonos, tal como se contempló en este estudio.

En teoría, si Comisión Federal de Electricidad paga a los productores eólicos 0.0470 dólares por kWh, los ejidatarios deben estar recibiendo 3.34 dólares por  $m^2/a$  si su regalía equivale al 1% de la producción eléctrica o 6.02 dólares si se trata del 1.85%. Los ejidatarios quejosos argumentan que están obteniendo mucho menos de lo pactado en los contratos, algunos señalan 0.0010 dólares por  $m^2/a$ , es decir, 10.94 dólares por hectárea al año. El desenvolvimiento de los proyectos eólicos en la zona tiende a perpetuar la paradoja que viven diversas regiones del país, donde se registran elevados niveles de productividad, pero subsiste el hambre, la desnutrición y la

carencia de servicios básicos, pues la concepción gubernamental privilegia la rentabilidad de las empresas en detrimento de las necesidades de la población.

Ahora bien, si pequeñas cooperativas o asociaciones solidarias desearan acceder a las prerrogativas que tienen los productores a gran escala, tendrían que plantear la creación de proyectos de más de 100 MW. Esto implica una inversión muy grande y el acceso a un préstamo bancario les está casi vetado como resultado del costo del crédito y la falta de garantías. Simplemente, si la tasa de interés fuera de 8.5% -por debajo de las tasas acostumbradas en los instrumentos de alto riesgo-, el proyecto se vuelve inviable y enfrenta pérdidas.

Esto significa que cualquier proyecto encabezado por la sociedad deberá estar basado en otras alternativas de financiamiento, por ejemplo el Fondo de Autofinanciamiento Social de Energías Renovables esbozado en este trabajo, donde la principal fuente de ingreso derivaría del impuesto aplicado a los consumidores de energía eléctrica aunado a otros donativos monetarios o en especie, los ahorros de la Comisión Federal de Electricidad en combustibles por el uso de energías renovables, la venta de bonos de carbono y de energía.

### **Objetivo general**

*Diseñar y aplicar un modelo que compare la rentabilidad de la inversión en tecnologías de generación eléctrica basadas en viento, gas, combustóleo y carbón, cuyos resultados permitan definir si la tecnología eólica es una opción económica y ambientalmente adecuada para satisfacer las necesidades energéticas de México, y proponer –en tal caso- una vía alternativa de expansión de la energía eólica en el país en manos de la sociedad.*

### **Objetivos particulares**

Estos guiaron la investigación y estructuraron el trabajo escrito, correspondiendo cada uno a un capítulo:

1. *Examinar el contexto internacional bajo el cual la energía eólica y otras fuentes renovables son adoptadas como parte del sistema eléctrico mundial futuro.*
2. *Referir la situación actual de la energía eólica en el ámbito mundial y las perspectivas futuras.*
3. *Describir el marco institucional en el que se insertan las energías renovables en México y, por ende, la energía eólica.*
4. *Exponer el proceso de formación del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec como parte de una concepción energética nacional y regional, así como su impacto sobre la zona.*
5. *Desarrollar una herramienta de análisis financiero que permita comparar las tecnologías de generación eléctrica basadas en viento, combustóleo, gas y carbón, considerando –además de los elementos financieros- el factor de planta y la potencia instalada, el consumo de agua y combustibles, el pago del bono de carbono y del alquiler del terreno,*

*entre otros.*

6. *Proponer la creación de un Fondo de financiamiento social de proyectos energéticos basados en energías renovables como parte de una estrategia de aprovechamiento incluyente y conducido por la sociedad.*

Los tres primeros objetivos se desarrollaron únicamente a partir de fuentes bibliográficas. El cuarto contiene datos recolectados *in-situ* a través de entrevistas realizadas a pobladores de la localidad La Venta y de la ciudad de Juchitán, ambas ubicadas en el Istmo de Tehuantepec perteneciente al estado de Oaxaca. Se eligió esta zona porque cuenta con el mayor número de plantas eólicas instaladas en el país, lo cual permitió describir los aspectos positivos y negativos de la política aplicada. Asimismo, se tuvo la oportunidad de entrevistar al Ing. Fernando Mimiaga Sosa, Director de Energía Sustentable y de Proyectos Estratégicos de la Secretaría de Economía del Gobierno del Estado de Oaxaca, quien ha estado involucrado en el proceso de construcción del Corredor desde sus inicios y es oriundo de la zona. También se contó con información proporcionada por el Ing. Odón de Buen Rodríguez, Maestro en Energía y Recursos por la Universidad de California en Berkeley, experto en el tema energético, ex-funcionario de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE)<sup>1</sup>, y actualmente Presidente de Energía, Tecnología y Educación (ENTE). Los dos últimos objetivos se basan en desarrollos propios a partir de modelos previos de rentabilidad de los proyectos de ahorro de energía desarrollados por el Ing. Iván Uranga Favela para Xerox y son la contribución de este trabajo.

### **Estructura y contenido capitular**

El capítulo 1 inicia distinguiendo las energías renovables de las no renovables. Expone los principales obstáculos para asegurar el suministro energético futuro a partir del petróleo y otras fuentes fósiles de energía, así como las posturas de la Agencia Internacional de Energía, el World Energy Council, la Comisión Europea de Energía y la Fundación Henrich Böll ante esta situación. Finalmente, presenta el avance en la introducción de las energías renovables en el sector energético mundial y las perspectivas futuras.

En el capítulo 2 se examina la evolución tecnológica experimentada por los aerogeneradores en relación con la potencia, la energía generada, el diámetro del rotor, la altura del eje motriz, el costo por unidad y el rendimiento. Asimismo, se presenta la situación actual del mercado eólico y las perspectivas hacia el 2050, incluyendo la potencia instalada, las emisiones de CO<sub>2</sub>, los costos de operación y mantenimiento (O&M), las empresas de manufactura más destacadas y los costos de investigación. Igualmente, se abordan las principales barreras a la expansión eólica en el mundo y las medidas de estímulo a su penetración.

---

<sup>1</sup> Hoy Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

El capítulo 3 aborda sucintamente las diversas modificaciones experimentadas en el sistema eléctrico mexicano desde sus inicios hasta la época actual, constituida por dos ámbitos: el servicio público perteneciente al área gubernamental y las actividades reguladas o privadas. Además, se exponen los instrumentos de política aplicados para alcanzar las metas de crecimiento de las energías renovables planteadas rumbo al 2012 y se ofrece una semblanza de los programas concretos de apoyo. Finalmente, se presenta la estructura de producción eléctrica actual, destacando el papel de la energía eólica.

En el capítulo 4 se relacionan las características geográficas del Corredor con sus recursos eólicos. Además, se detalla la conexión entre la cooperación energética con EUA, la Iniciativa Mesoamericana de Integración Energética y el aprovechamiento eólico como parte de una estrategia hemisférica de suministro energético. Asimismo, se expone la visión estatal sobre el vínculo del proyecto eólico y la ampliación de la cobertura eléctrica, la creación de una industria de componentes eólicos y el desarrollo tecnológico, entre otros. También, se describe el proceso de adición de infraestructura eléctrica en el área, la programación de plantas eólicas hasta el 2012 y las inconformidades de la población asociadas al Corredor.

El capítulo 5 se divide en dos partes vitales. En la primera, se presentan los aspectos ambientales relacionados con la generación eléctrica eólica y térmica (carbón, gas y combustóleo), en términos de materiales, agua, terreno, eficiencia, contaminación e impacto en la salud. En la segunda, se diseña y aplica el Estudio de Retorno a la Inversión en Generación de Energía Eléctrica (ERIGEE), basado en herramientas clásicas del estudio de rentabilidad de una inversión, mediante el cual se compara la inversión en tecnologías a partir del viento, carbón, gas y combustóleo en el contexto mexicano, exhibiendo su sensibilidad frente a cambios en la tasa de interés, el precio del kWh y el precio del combustible.

El capítulo 6 contiene una propuesta de financiamiento social de proyectos eléctricos con energías renovables, enfocado en la eólica, conducido por instituciones académicas y al mando de la sociedad, que responde a la inquietud de las comunidades –afectadas por los proyectos eólicos y aquellas sin la cobertura eléctrica-, sobre la necesidad de establecer plantas eoloelectricas en manos de la colectividad que aseguren beneficios locales. Se exhiben casos de éxito en la gestión local de recursos eólicos y, por otra parte, las experiencias de China, India y España en la creación de una industria eólica nacional a través de la aplicación de ciertas medidas que pueden servir de guía a México.

# 1. La encrucijada energética mundial

## Objetivo:

Examinar el contexto internacional bajo el cual la energía eólica y otras fuentes renovables son adoptadas como parte del sistema eléctrico mundial futuro.

## 1.1 Introducción

Este capítulo señala la distinción entre energías renovables y no renovables. Expone los principales obstáculos para asegurar el suministro energético futuro a partir del petróleo y otras fuentes fósiles de energía, así como las posturas de la Agencia Internacional de Energía (AIE), el World Energy Council (WEC), la Comisión Europea de Energía (CEE) y la Fundación Henrich Böll ante esta situación. Finalmente, presenta el avance en la introducción de las energías renovables (ER) en el sector energético mundial y las perspectivas futuras.

## 1.2 Las transformaciones energéticas

En el sistema energético mundial se distinguen las fuentes no renovables de las renovables (ver Tabla 1). Las primeras son formas almacenadas geológicamente e identificadas por su finitud (petróleo, gas, carbón, etc.), al ser expuestas a una explotación prolongada se agotan, pues son resultado del trabajo de la naturaleza por largos años y de condiciones específicas, aunque pueden ser reutilizadas a través de un proceso de reciclaje industrial (URANGA, 2005:30). Las segundas se obtienen a partir de recursos naturales con ciclos regenerativos propios, razón por la cual son de carácter inagotable (solar, eólica, mini-hidráulica, geoenergía, entre otras). En la génesis de estas se encuentra el sol como fuente generadora de los procesos naturales de esos ciclos, lo cual permite su aprovechamiento infinito (PARDO, 1993:28).

Cada etapa de la historia humana ha sido caracterizada por un mix energético específico, marcado por la disponibilidad del recurso, el poder calorífico (densidad), la tecnología vigente y el costo económico. Actualmente, el 78% del consumo mundial es cubierto con petróleo, carbón y gas, pero esto no siempre ha sido así, hace 4,000 años las ER fueron la principal fuente energética de nuestra civilización.

El viento proporcionó fuerza motriz en la navegación<sup>2</sup>, energía mecánica en los molinos de granos y el bombeo de agua<sup>3</sup>, y electricidad a fines del siglo XIX, poco tiempo después que el primer generador eléctrico de vapor basado en carbón (ENDESA, 2007: 5-9), el cual sustituyó a los molinos de viento e incrementó los niveles de

<sup>2</sup> En el alto paleolítico (3750-3250) se inventó la vela de barco que impulsó la navegación. En el Mundo Antiguo, civilizaciones como la china, persa, egipcia, mesopotámica y las culturas mesoamericanas se convirtieron en expertos navegantes y comerciantes. A fines del siglo XVIII, Inglaterra contaba con una flota mercante de 18,000 veleros, lo que muestra la importancia adquirida por la energía eólica (TONDA, 1998: 27).

<sup>3</sup> Los molinos de viento se originaron en Persia hace 2000 años y se propagaron lentamente en Medio Oriente y Europa. En el siglo XVII esta tecnología comenzó a ser utilizada en la industria del papel y los aserraderos (Inglaterra tenía instalados 110 MW y Holanda 125 MW) (CONAE, 2007).

producción industrial y la velocidad del transporte de mercancías (Primera Revolución Energética).<sup>4</sup> A la postre, el uso del motor de combustión interna permitió emplear de manera intensiva el petróleo y el gas (Segunda Revolución Energética), restringiendo la participación del viento en el sistema energético moderno.<sup>5</sup> La investigación en la rama eólica prosiguió, aunque el bajo precio de los hidrocarburos desalentó esta práctica durante el periodo 1950-1970 y convirtió a las naciones en rehenes del petróleo y de las grandes transnacionales (Primer Orden Petrolero Mundial) (GARCÍA, 2007: 95 y ss.).<sup>6</sup>

A partir de 1972, el crecimiento económico global ha estado soportado decisivamente en los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) y la leña, impactando las relaciones económicas, políticas, sociales y ambientales de nuestra civilización.

Este orden fue desestabilizado por la formación de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)<sup>7</sup> en 1969, con apoyo de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), quienes aplicaron un embargo a las naciones consumidoras por su apoyo a las fuerzas israelíes (guerra palestino-israelí), registrándose aumentos en el precio del barril de petróleo, pasando de US\$3 (dólares de EUA) a más de US\$10 en 1973. En 1980, el barril de crudo llegó a cotizarse en el mercado internacional a más de US\$40 como resultado de la Revolución Iraní (GARCÍA, 2007: 108).

Los países industrializados responden los embates de las naciones productoras de petróleo creando la AIE<sup>8</sup> en 1974, encargada de impulsar programas de ahorro en el consumo de energía y el desarrollo de fuentes alternas a los hidrocarburos (energía solar, eólica, biomasa, geotérmica, mareomotriz, nuclear, etc.), con el objetivo de adecuar la industria, el transporte y los servicios a un sistema menos dependiente del petróleo. Los proyectos eólicos retomaron importancia a un ritmo acelerado<sup>9</sup>, se realizaron varios adelantos tecnológicos en EUA, Japón, Alemania, Francia, Inglaterra y Dinamarca. El costo de la transformación requerida y la negativa de las transnacionales a renunciar a sus ganancias petroleras llevaron a EUA junto con sus aliados de la AIE y las grandes transnacionales a buscar el control de dichos recursos mediante el debilitamiento de la URSS y la OPEP.

<sup>4</sup> De acuerdo con De la Vega (2007), una de las razones de las transiciones energéticas han sido los límites del sistema energético anterior en cuanto a la disponibilidad de recursos físicos (leña, aceites animales, carbón). Aunque también habría que agregar los límites en el aprovechamiento de tales energéticos y, sobre todo, los desarrollos tecnológicos que permitieron –en un momento dado–, utilizar otras fuentes y obtener mejores rendimientos.

<sup>5</sup> La expansión eólica continuó hasta el siglo XIX. En 1916 Dinamarca tenía en operación más de 1,300 aerogeneradores (500 GWh/a). En EUA los molinos eran prácticamente la única fuente de energía eléctrica disponible en zonas rurales en 1930. En la década de 1970 aún estaban en operación 150 mil aerogeneradores (RUSSELL, 1975:854).

<sup>6</sup> El Cártel de las 7 hermanas: Exxon, Texaco, Móvil, Gulf y Standard Oil de California de bandera estadounidense; British Petroleum (Inglaterra) y Royal Dutch-Shell (Holanda).

<sup>7</sup> Miembros: Argelia, Angola, Ecuador, Indonesia, Irán, Irak, Kuwait, Libia, Nigeria, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y Venezuela (OPEC, 2008).

<sup>8</sup> Miembros: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, República de Corea, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, República Eslovaca, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos (IEA, 2008).

<sup>9</sup> En 1973, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) construyó plantas eoloelectricas y el gobierno federal aportó US\$300 mil al programa de viento y US\$67 millones en 1980 (SMYSER, 1994: 125).

<b>Tabla 1.-Clasificación de las fuentes de energía</b>			
<b>Fuentes</b>	<b>Recursos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aspectos relevantes</b>
Energías no renovables	Combustibles fósiles <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Petróleo</li> <li>▪ Lignito</li> <li>▪ Turba</li> <li>▪ Gas natural</li> <li>▪ Carbón</li> <li>▪ Arenas asfálticas</li> <li>▪ Pizarras bituminosas</li> </ul>	<p>Uso energético. Al hacer combustión liberan energía y producen trabajo.</p> <p>Uso no energético. Se aprovechan como materia prima de otros productos: pinturas, disolventes, plástico, detergentes, fungicidas, colorantes, saborizantes, tejidos, etc.</p>	<p>Alta densidad en general. Generan emisiones de GEI y residuos.</p> <p>Son limitadas. Su distribución se concentra en manos de unos cuantos países.</p>
	Fuentes nucleares <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uranio</li> <li>▪ Torio</li> <li>▪ Deuterio</li> </ul>	<p>Fisión de átomos pesados. Se libera calor que mueve una turbina y se produce electricidad.</p> <p>Fusión de átomos ligeros (no disponible).</p>	<p>Alta densidad. Generan residuos peligrosos de difícil degradación y afectan la salud de los ecosistemas y los humanos.</p> <p>No emite GEI.</p>
Energías renovables	Energía hidráulica* (mini-hidráulica)	Utilización de la energía potencial de una cantidad de agua situada en el cauce de un río, arroyo o canal de riego, pasa por una turbina que transforma esa energía mecánica en electricidad.	<p>Van de poco a medianamente densas. No generan GEI. No implica cambios del hábitat, ni pérdidas de terreno, excepto la biomasa basada en la tala de bosques.</p> <p>La eólica puede modificar la ruta migratoria de las aves y hasta causarles mortandad.</p> <p>Los yacimientos geotérmicos llevan disueltos gases y otras sustancias químicas contaminantes. Requiere de la perforación del subsuelo, por lo que altera el paisaje. La energía fotovoltaica es la más contaminante en su ciclo de vida.</p>
	Eólica	Explotación de la energía cinética (energía de movimiento) del viento a través de un aerogenerador que transforma esa fuerza en electricidad o fuerza mecánica.	
	Geotérmica	Aprovechamiento del gradiente térmico de la corteza terrestre, mediante la extracción y/o disposición de fluidos hidrotermales (líquido o vapor) para fines térmicos o eléctricos.	
	Biomasa	Toda materia orgánica transformada mediante procesos de conversión termoquímicos o bioquímicos. Ejemplos: paja, leña, estiércol, algas marinas, residuos orgánicos sólidos urbanos, desechos agrícolas, entre otros.	
	Solar	Fototérmica. Captan la radiación solar y la transfieren a un fluido. Esta energía en forma de calor se usa para procesos químicos, calentar edificios, agua, mover turbinas, generar electricidad, secar granos o destruir desechos peligrosos.	
		Fotovoltaica. Estos sistemas convierten la radiación solar en electricidad.	
Energía del mar	Aprovechamiento de las olas, mareas y corrientes marinas, así como del gradiente térmico del mar (diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y profundas), con el objetivo de generar electricidad.		
<p>* La gran hidráulica requiere de la construcción de enormes presas que desplazan hábitat naturales y en el proceso se desprenden cantidades importantes de GEI, por eso no se incluye.</p> <p>Fuente: PARDO, 1993; DOMINGUEZ, 1995; APPA, 2005; CARLESS, 1995.</p>			

Tras la caída de la URSS y debilitada temporalmente la OPEP con el apoyo de algunos países subdesarrollados<sup>10</sup>, las naciones consumidoras comenzaron a invertir en campos petroleros localizados en América Latina, África, China y en algunas Repúblicas de la anterior URSS, sustituyendo los del Medio Oriente; además, promovieron la inestabilidad política de las monarquías del Golfo Pérsico e introdujeron a las transnacionales petroleras en el control del mercado energético de esa región (GARCÍA, 2007: 118 y ss.), esto les permitió controlar brevemente el mercado petrolero internacional, ya que emergen Rusia y Venezuela como naciones desafiantes del orden establecido.<sup>11</sup>

El consumo de petróleo y gas se intensificó en las últimas tres décadas del siglo XX y el inicio del siglo XXI. Actualmente, el aumento constante en la demanda energética, la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles provenientes de países inestables políticamente y la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles fósiles (partiendo de US\$35 el barril en 2004, superando la barrera de US\$100 en 2007 y la expectativa de que se coloque en US\$250 en 2011 por la ola de violencia interna desatada en los países productores de Medio Oriente), hacen del suministro energético un tema prioritario global que unido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) responsables del cambio climático global<sup>12</sup>, alertan sobre la necesidad de una transformación del sector centrada en el desarrollo e introducción paulatina de fuentes alternas de energía en el suministro mundial tales como las fuentes fósiles no convencionales, la nuclear, la hidráulica y las ER.

En el marco de las renovables la eólica figura entre las más importantes. En los últimos años se ha incorporado a las redes eléctricas de países tradicionalmente alejados de estas tecnologías: India, México, China, Argentina, Brasil y Turquía son ejemplo de ello.

---

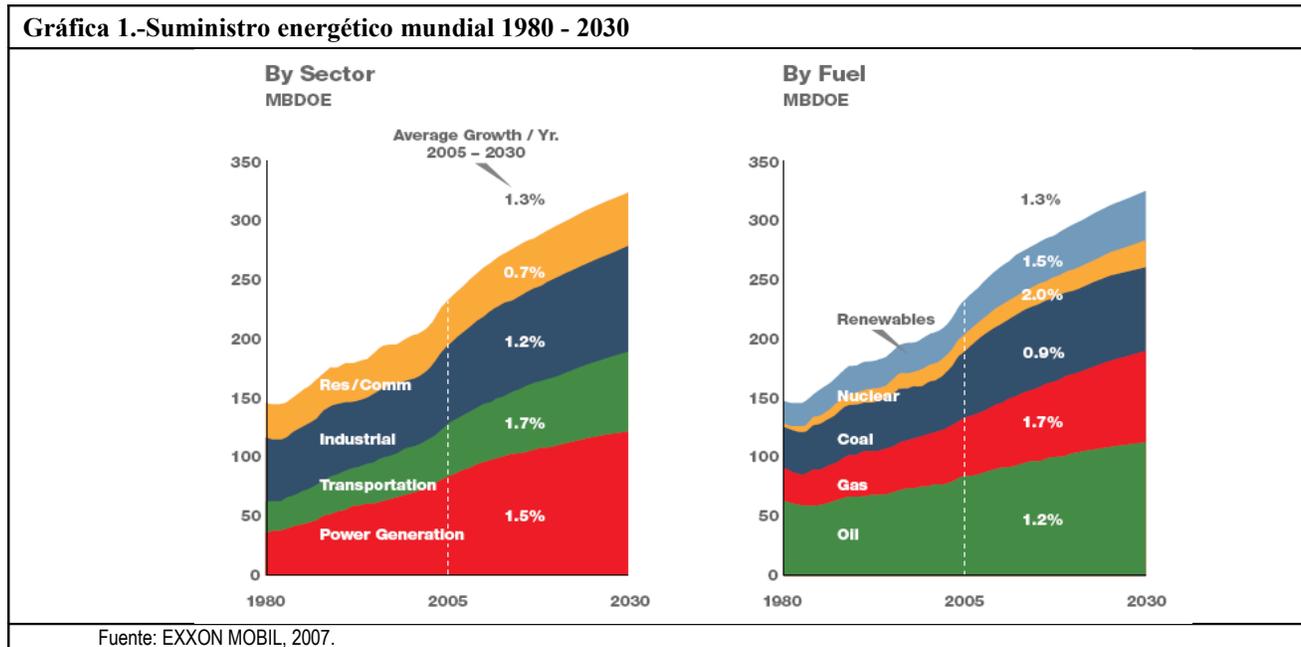
<sup>10</sup> En 1998, EUA estimuló la creación de un grupo de países productores de petróleo que mantuvieron estables los precios internacionales (México, Venezuela y Arabia Saudita) (GARCÍA, 2007: 115).

<sup>11</sup> Rusia desafía el poderío estadounidense a través de: a) su negativa a apoyar la segunda guerra en Irak y la Ley Damatto-Kennedy que prohíbe a cualquier país invertir en los complejos petroleros de Libia, Irak e Irán; b) su participación en el Grupo Shangai que aborda el tema energético regional junto a China, Tadjikistán, Uzbekistán y Kazajstán; c) la construcción de oleoductos y gaseoductos para abastecer de hidrocarburos a China, Japón y Corea del sur; d) el rechazo a vender la empresa estatal Yukcos; y e) la venta a Ucrania de crudo a precios altos (aliado de EUA). Venezuela está creando bloques energéticos regionales contrarios al plan de EUA: PETROCARIBE y PETROSUR (GARCÍA, 2007:148-150).

<sup>12</sup> Se refiere a la manifestación de alteraciones climatológicas en el sistema Tierra de manera drástica en un periodo muy corto de tiempo, producidas por una concentración alta de gases en la atmósfera generados en los procesos industriales humanos. En consecuencia, se observa un ciclo hidrológico más activo, la retirada generalizada de glaciares polares y no polares, el ascenso del nivel del mar, un aumento de la temperatura marina; de todo esto podrían derivarse daños en cultivos, enfermedades, pérdida de biodiversidad, desaparición de terrenos costeros, inundaciones, etcétera (Véase IPCC, 2007). Centenares de millones de personas podrían padecer hambre, escasez de agua e inundaciones costeras a medida que el mundo se caliente (STERN, 2007:21).

### 1.2.1 Dificultades en el suministro

En 2005 el suministro de energía primaria global ascendió a 230 MBDOE (millones de barriles equivalentes de petróleo por día) y se prevé que en 2030 será de 325 MBDOE (40% más), siendo las áreas energética, transporte e industrial las principales responsables (Gráfica 1).



En teoría, los combustibles fósiles suministrarán el 83% de la energía en 2030, particularmente el petróleo y el gas, cuya demanda se incrementará anualmente 1.2% y 1.7% respectivamente (IEA, 2007). Por ello, los mercados de crudo, productos refinados y gas continuarán bajo presión, alejando la posibilidad de un descenso pronunciado en los precios y aumentando la vulnerabilidad de los países consumidores frente a posibles interrupciones en el suministro. Los países en vías de desarrollo se encuentran en una situación particularmente vulnerable, pues una parte importante de su población no tiene acceso a la energía, a medida que ésta se incorpore implicará un aumento en el consumo energético y de los gastos en este rubro.

Asimismo, se prevé una reducción en la "intensidad energética"<sup>13</sup>, pasando del 1% anual de los últimos 25 años al 1.6% en el periodo 2005-2050, equivalente a un ahorro de 140 MBDOE, como resultado de las transformaciones tecnológicas y estructurales de la economía, las políticas de eficiencia energética y la considerable elevación de los precios de la energía. No obstante, es claro que se requerirán enormes cantidades de energía para satisfacer la demanda futura, pero de momento no existe acuerdo de dónde vendrá, cómo será usada, a qué costo y cuáles serán sus impactos en el medio ambiente.

<sup>13</sup> La demanda energética dividida entre el PIB. En 1980 costaba 2.5 barriles de petróleo equivalente para generar US\$1000 de producto. Esto significa que en 2050 la intensidad energética será 50% más baja que en 1980 (EXXON MOBIL, 2007).

En la discusión prevalecen dos enfoques a nivel internacional:

1. *Visión pesimista*. Es compartida por especialistas en energía, geólogos, geofísicos, ambientalistas y otros. Su base conceptual es la finitud de los hidrocarburos en el mundo y la limitada capacidad existente para sustituir los mayores campos petroleros en declinación descubiertos entre 1950 y 1980<sup>14</sup>, así como el impacto negativo de la producción energética sobre los sistemas terrestres. Proponen una transformación sustancial de las bases energéticas predominantes modificando los actuales patrones de producción- consumo, la sustitución de fuentes convencionales de energía, el desarrollo tecnológico, etc.
2. *Perspectiva optimista*. Predomina en los análisis e informes de los países de la OCDE, el Grupo de los 8 o de las naciones más industrializadas, la AIE, el Servicio Geológico de los EUA (USGS) y algunos economistas especializados. Afirman que el repunte en los precios del petróleo se debe a una insuficiencia en la capacidad de producción resultado de la subinversión en exploración por los bajos precios de la década de 1980 y las restricciones nacionalistas en materia de inversión extranjera, lo cual disuadió a las compañías de invertir en el ramo. Por esta razón, la inversión en infraestructura y desarrollo tecnológico en los hidrocarburos y otros recursos (aguas profundas, crudos del Ártico, aceites extra pesados, arenas asfálticas, esquistos bituminosos), son la clave en la suficiencia del suministro fósil en los próximos 30-40 años a un ritmo de extracción no superior al 1.5%. Plantean la apertura del sector energético y la libre circulación de flujos de capital y mercancías con el objetivo de alentar la integración de los procesos, permitiendo superar las restricciones políticas, legales y geográficas que bloquean el desarrollo de los recursos en los países productores con grandes reservas y con potencial para instrumentar proyectos energéticos con menor impacto ambiental (WEC, 2007: 68; IEA, 2007).

La Tabla 2 muestra los principales planteamientos en relación con el futuro energético. El segmento de proyecciones presenta escenarios basados en los datos de 2005 conservando las tendencias actuales y los alternativos establecen cambios significativos. Las posturas coinciden en el objetivo de asegurar el suministro energético haciendo uso de los recursos energéticos posibles (fósiles convencionales y no-convencionales, nuclear, biocombustibles y ER), excepto la presentada por la Fundación Böll que rechaza el uso de la energía nuclear y las fuentes fósiles por sus efectos negativos sobre el medioambiente, propone un sector basado en las energías renovables (pequeña hidráulica, eólica, solar, mareomotriz y biomasa) respetando las tasas de regeneración de estas fuentes y cuidando sus efectos políticos, sociales, económicos y ambientales.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Hay una incompatibilidad entre los ritmos de extracción y el descubrimiento de nuevas reservas. Desde hace dos décadas se extrae más petróleo del que se descubre. Véanse las falsas evaluaciones en las reservas de Venezuela en 1985, de Arabia Saudita en 1988 o de Irán en 2002 (COCHET, 2004). La mitad de la producción petrolera de Arabia Saudita proviene de Ghawar el yacimiento más grande del mundo que fue descubierto en 1948 y alcanzó un pico máximo de 5.7 millones de barriles por día en 1981, es decir, se encuentra en declinación. Cantarell es otro de los yacimientos más grandes del mundo, alcanzó su máximo en 2002 (2 millones de barriles al día) (JALIFE, 2007, 44:39).

<sup>15</sup> Consideran que los biocombustibles son una opción en el transporte terrestre, siempre y cuando esto no signifique la sustitución de superficies boscosas por terrenos de cultivo, mayor contaminación del agua por el uso de fertilizantes y

La AIE, el WEC y la CEE sugieren alargar la vida de las fuentes fósiles aplicando medidas de eficiencia, accediendo a recursos fósiles no convencionales y aprovechando las fuentes alternas (nuclear y ER), mediante inversiones públicas y privadas en el sector, facilitadas por medidas gubernamentales claras, pues se requieren mejores técnicas de extracción en aquellos pozos petroleros en declinación; aprovechar al menor costo posible los combustibles pesados, extrapesados, bitúmenes, la energía nuclear y las ER; reducir la peligrosidad actual de la producción nuclear mediante fusión y concretar comercialmente la fisión; hacer viables técnica y comercialmente las ER.

En general, existe confianza en que la privatización del sector permitirá acceder a cuantiosas inversiones, contribuyendo a socializar los recursos fósiles concentrados en manos de unos cuantos países<sup>16</sup>, reduciendo la presión en el mercado energético. Se propone la integración de los recursos y los mercados con la intención de ampliar la oferta de energía, lo cual se obtendrá a través de la cooperación e integración continental, regional y bilateral. Esto coadyuvará a eliminar el veto sobre la producción nuclear y los obstáculos enfrentados por las ER en su desarrollo masivo.

La propuesta más innovadora y menos convencional pertenece a la Fundación Böll que plantea: 1) cancelar las subvenciones, ayudas fiscales y proyectos centrados en las fuentes fósiles y otras formas no sustentables de energía (nuclear, hidroeléctrica, biocombustibles, biomasa tradicional), y con estos recursos económicos construir un fondo que incentive a la iniciativa privada al desarrollo de proyectos con ER; 2) dirigir la ayuda oficial al desarrollo (AOD) hacia proyectos que aseguren el acceso de la población excluida del servicio de energía limpia y a precios justos; 3) la transformación energética debe partir de abajo hacia arriba, aunque no se menosprecian las funciones a cumplir del resto de actores (empresas, organismos internacionales, gobierno, etc.); 4) la privatización es algo deseable en tanto refuerza el objetivo de precios competitivos y justos, sin embargo, hace hincapié en la necesidad de fortalecer los aspectos institucionales para proteger efectivamente los intereses de la población.

A pesar de la existencia de propuestas más integrales como la de Böll, en los hechos, los conceptos que están marcando las tendencias futuras son los acuñados en el seno del WEC:

- (a) Accesibilidad. Significa la cantidad necesaria de servicios energéticos que estarán disponibles en el mercado y a precios razonables (los precios reflejarán el costo marginal y permitirán que los servicios se mantengan en el tiempo).
- (b) Disponibilidad. Se refiere a la continuidad de un suministro energético de calidad, diversificado e internacional, es decir, que cada país y región pueda acceder a los recursos en cualquier parte del

---

pesticidas, así como presión sobre este recurso o una crisis alimentaria debido a la producción de plantas de contenido energético en detrimento de la plantación de alimentos.

<sup>16</sup> El 40% de la producción mundial de petróleo proviene de Arabia Saudita, Irán, Irak, Kuwait, Emiratos Árabes, Venezuela, Libia, Nigeria y Qatar, es decir, integrantes de la OPEP (BP, 2007).

mundo.

- (c) Aceptabilidad. Describe la responsabilidad pública en el tema energético con respecto al medioambiente global y la obligación de propiciar el desarrollo, transferencia y aplicación de tecnologías limpias para combatir aspectos negativos relacionados: deforestación, degradación de los suelos, acidificación, contaminación, cambio climático, seguridad nuclear, manejo de desechos, etc.

Los dos primeros puntos son la razón fundamental de los recientes acuerdos de interconexión energética regional y la ola de privatizaciones del sector en el mundo. De esta manera, lo producido dentro de las fronteras de un país queda fácilmente disponible a otros consumidores a través de las infraestructuras colectivas de una región, tal es el caso de los ductos interregionales de gas en diversas zonas del mundo.

En esta línea, el gas mantendrá un crecimiento anual de 3.1% hasta 2030, en comparación con el 1.1% del petróleo y 1.9% del carbón (ALATRISTE, 2007: 45). Por ello se afirma que el sistema energético está transitando de su dependencia del petróleo hacia el gas, cuya demanda se concentrará en China<sup>17</sup>, India, África y América Latina, mientras América del Norte y Asia recurrirán cada vez más al gas natural licuado (GNL) que exige altas inversiones en transporte, licuefacción, metanación y regasificación (MARTIN-AMOROUX, 2006). Esta proyección representa un problema, pues sólo 26% del consumo mundial de gas natural proviene del comercio internacional frente al 60% del petróleo y sus derivados<sup>18</sup>; además, los precios del gas son regionales y no globales, se establecen tomando en consideración las características de oferta-demanda del mercado local, nacional o regional (ALATRISTE, 2007: 46).<sup>19</sup>

Probablemente esta situación sea la razón del resurgimiento de dos fuentes en desuso:

1. *Carbón*. sustentará el 40% de la generación de energía mundial a partir de esta década y en 2025 proporcionará el 78% de la electricidad de China y 70% de la India (ANGULO, 2007: 27). Está industria se está consolidando en países que enfrentan la crisis de la energía nuclear y el encarecimiento del gas (EUA, Alemania, Europa Central, Italia y Reino Unido), ya que los costos de extracción son relativamente bajos (aproximadamente US\$10/tonelada) y cuenta con un mercado internacional muy dinámico con un crecimiento anual de 5% desde 1980. La mayor

<sup>17</sup> Latinoamérica es uno de los principales intereses energéticos de China, su presencia incluye inversiones directas y alianzas estatales en compañías de petróleo y gas, transporte, ductos y refinerías en Ecuador, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Brasil (GRAPHIC NEWS, 2007, 40: 16).

<sup>18</sup> Los yacimientos de gas no tienen viabilidad comercial salvo que sean ricos en líquidos asociados, se localicen cerca de un mercado o posean gran magnitud de reservas. Las mayores reservas del mundo –Rusia Irán y Qatar- no son comerciales por su lejanía de los centros de consumo, además requieren de inversiones en infraestructura de explotación y comercialización (extracción, plantas de separación, procesamiento, transporte troncal, distribución, etc.). El costo se incrementa si es para exportar a ultramar, pues demanda licuefacción, buques presurizados y refrigerados y plantas regasificadoras.

<sup>19</sup> Medio Oriente posee 40% de las reservas de gas a nivel mundial y Rusia, EUA, Nigeria, Argelia y Venezuela tienen importantes yacimientos. Sin embargo, los gaseoductos atraviesan fronteras y se ven expuestos a la conflictividad política de la zona; p.e. Ucrania amenazó con bloquear los gaseoductos que surten a Europa desde Rusia si Gazprom le aplicaba recortes, afectando un tercio de las importaciones de Europa (GRAPHIC NEWS, 2008, 49:16).

preocupación es ambiental, pues emite grandes cantidades de partículas, metales pesados y GEI.<sup>20</sup>

2. *Nuclear*. Provee el 15.2% de la electricidad actual y se plantea su expansión después de 2020 en atención al tema del poder energético y cero emisión de GEI en la operación de la planta (AIE, 2007). Sin embargo, el principal obstáculo es la resistencia de la opinión pública frente a este tipo de energía debido a los riesgos en materia de seguridad y de residuos radioactivos.<sup>21</sup>

En cualquier caso, es un hecho que la satisfacción energética mundial futura representa serios problemas. Las ER se insertan como una opción a largo plazo en lo que se refiere a asegurar el suministro energético, disminuir la dependencia de los proveedores externos, enfrentar la volatilidad de los precios de los combustibles y atenuar el impacto de la producción de energía sobre el medio ambiente. Al estar atadas al lugar de producción se conforman como fuentes autóctonas dentro de los países y, por tanto, perfectamente controlables; la baja densidad de su poder energético incrementa el costo económico (de acuerdo con el discurso generalizado), pero en cambio, al no utilizar combustibles, tampoco emite GEI u otros contaminantes, por lo cual se consideran tecnologías limpias.

A este respecto, las transnacionales petroleras han comenzado a declararse empresas energéticas y no de hidrocarburos con el propósito de incursionar en el nuevo mercado, sobre todo a raíz del renovado impulso dado por el Protocolo de Kyoto y sus mecanismos flexibles válidos en el periodo 2008-2012, y las nuevas negociaciones sobre un segundo periodo en la Hoja de Ruta planteada en la Cumbre de Bali en diciembre de 2007, la Cumbre de Copenhague en 2009 y la de Cancún en 2010.

---

<sup>20</sup> Desde 1980, el empleo del carbón en centrales eléctricas en el mundo se elevó en 75%, pero hubo paralelamente un declive en las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, mercurio y partículas, colectivamente 40% menos. También se están desarrollando tecnologías de secuestro de CO<sub>2</sub> (Alstom, Gaz de France, Total y American Electric Power están experimentando la captura y su uso como fuente de energía), cuyo uso dependerá de la viabilidad económica (MARTÍNEZ, 2007, 39: 37; ANGULO, 2007: 27).

<sup>21</sup> Sudáfrica, Finlandia, Rusia, China, India, Japón, Corea y Bulgaria están instalando reactores adicionales, mientras EUA está incrementado la capacidad de generación de las plantas existentes y ampliado su vida útil (MARTÍNEZ, 2006). Los países asiáticos de mayor crecimiento económico tienen amplios programas nucleoelectrónicos (Corea, China e India), La Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ANSEAN) construirá plantas en Tailandia, Vietnam e Indonesia (GRAPHIC NEWS, 2008, 47: 16).

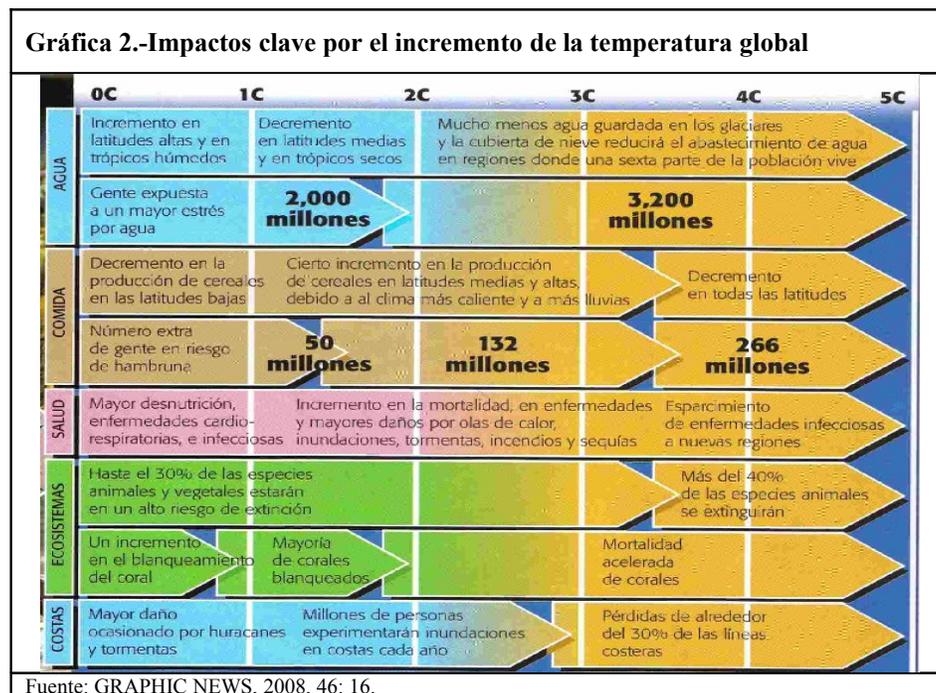
<b>Tabla 2.-Visiones de la transición energética.</b>				
	<b>Agencia Internacional de Energía-IEA (2030)</b>	<b>Fundación Heinrich Böll (2030)</b>	<b>Comisión Europea de Energía-Weto-H2 (2050)</b>	<b>Consejo Mundial de la Energía-WEC (2050)</b>
<b>Proyecciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demanda ↑ tasa media anual de 1.8%, pasando de 11,400 Mtoe en 2005 a 17,700 Mtoe en 2030.</li> <li>▪ 84% fósiles convencionales y no convencionales.</li> <li>▪ 16% (hidráulica, biomasa, biocombustibles, eólica, solar, nuclear).</li> <li>▪ ↑ uso carbón en sector eléctrico.</li> <li>▪ Escasez de petróleo después de 2015.</li> <li>▪ ↑ precios del petróleo, gas y carbón.</li> <li>▪ ↑ energía nuclear y energías renovables (ER) a partir de 2020.</li> <li>▪ ↑ emisiones de CO<sub>2</sub>, 57% entre 2005 y 2030 (42,604 Mt CO<sub>2</sub>)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consumo de 22,000 Mtoe en 2050.</li> <li>▪ 70% fósiles</li> <li>▪ 30% No fósiles (ER y nuclear)</li> <li>▪ 12% electricidad producida con sistemas térmicos asociados a la captura y almacenamiento CO<sub>2</sub>.</li> <li>▪ 2025 meseta de la producción de petróleo (100 MBD) y gas en 2035.</li> <li>▪ ↑ precios del petróleo, gas y – principalmente- el carbón.</li> <li>▪ ↑ energía nuclear y ER a partir de 2020, consolidación en 2030 (eólica offshore y nuclear de cuarta generación).</li> <li>▪ 2050 el hidrógeno suministrará 2% del consumo final de energía.</li> <li>▪ Concentración de CO<sub>2</sub> entre 900 y 1000 ppm en 2050.</li> </ul>	
<b>Escenarios alternativos</b>	<b>Puntos de partida</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar el suministro de energía.</li> <li>• Control de dependencia con respecto a los combustibles fósiles.</li> <li>• Administración de emisiones GEI.</li> <li>• Actores: Gobierno, instituciones financieras, instituciones multilaterales, empresas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar suministro sustentable de energía.</li> <li>• Impedir consolidación de las energías fósiles. Construir un sector basado en energías renovables.</li> <li>• ↑ dramática de emisiones GEI.</li> <li>• Desarrollo humano (justicia e igualdad).</li> <li>• Actores: Sociedad civil, instituciones bilaterales y multilaterales, organizaciones no gubernamentales, gobierno, empresas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar suministro de energía.</li> <li>• ↓ dependencia con respecto a los combustibles fósiles.</li> <li>• ↓ emisiones GEI.</li> <li>• Opciones:               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Restricción de CO<sub>2</sub></li> <li>(2) Hidrógeno</li> </ol> </li> <li>• Actores: Gobierno, empresas,...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar suministro de energía.</li> <li>• Administración de emisiones GEI.</li> <li>• Accesibilidad.</li> <li>• Disponibilidad.</li> <li>• Aceptabilidad.</li> <li>• Compromiso gubernamental.</li> <li>• Cooperación e integración.</li> <li>• Actores: Gobierno, empresas,...</li> </ul>

Escenarios alternativos	IEA (2030)	Fundación Heinrich Böll (2030)	CEE - Weto-H2 (2050)	WEC (2050)
(continuación)	<b>Planteamientos principales</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar que la demanda supere la oferta antes de 2030.</li> <li>• Limitar tasa de crecimiento de la demanda anual de energía a 1.3%</li> <li>• ↑Eficiencia energética (transporte y electrodomésticos).</li> <li>• ↑Cuota ER: biofuel en el transporte y eólica en producción de electricidad.</li> <li>• ↑nuclear y ↓carbón.</li> <li>• ↑Inversión en infraestructura en fuentes convencionales y no convencionales de energía (US\$20 billones).</li> <li>• ↑Inversión en I&amp;D (captura y almacenamiento de carbón).</li> <li>• ↑emisiones de CO<sub>2</sub>, 27% (34,463 Mt CO<sub>2</sub>).</li> <li>• Privatización del sector.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer demanda energética de las zonas excluidas (generación distribuida y acceso a energía limpia).</li> <li>• ↑Eficiencia energética.</li> <li>• Reemplazar energía fósil por energía limpia.</li> <li>• ↑ER (eólica, solar, pequeña hidráulica, biomasa) sin sobrepasar su capacidad de autoregeneración.</li> <li>• Esquemas mixtos diesel/eólica.</li> <li>• Mini-redes locales.</li> <li>• Moratoria mundial al apoyo público para el desarrollo de las fuentes fósiles.</li> <li>• Garantizar el acceso de la producción mediante ER a la red eléctrica.</li> <li>• Incentivos fiscales y subvenciones reconocidos por la Organización Mundial de Comercio (OMC) como elementos necesarios para la transición energética.</li> <li>• Creación de un fondo para incentivar a la iniciativa privada con los recursos que se destinan actualmente a financiar las fuentes fósiles y la energía nuclear.</li> <li>• I&amp;D para ER → acuerdos de asociación global.</li> <li>• Privatización + prácticas de buen gobierno.</li> <li>• Cooperación Norte-Sur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>( 1) Restricción de CO<sub>2</sub></li> <li>• Estabilización concentración de CO<sub>2</sub> en 500 ppm</li> <li>• ↓demanda a menos de 3Gtep/año.</li> <li>• ↑Eficiencia energética.</li> <li>• Electricidad: ER 30% y nuclear 40%.</li> <li>• Estancamiento del uso de carbón a pesar del avance en la tecnología de captura y almacenamiento de carbón.</li> <li>• ↑Inversión en infraestructura.</li> <li>(2) Hidrógeno (H2)</li> <li>• ↓demanda que el escenario de referencia 8%</li> <li>• 60% fósiles y 40% no-fósiles (38% nuclear).</li> <li>• Electricidad: 66% de la producción será térmica asociada a sistemas de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.</li> <li>• En 2030 despegará el uso del H2, por el ↑en la demanda en el transporte.</li> <li>• Producción H2 → ER 40% y 50% nuclear.</li> <li>• 90% de H2 será usado en el transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los escenarios implican un aumento del suministro en 2050 del 100%</li> <li>• La población se mantendrá estable y en algunas regiones disminuirá.</li> <li>• Baja huella ambiental → Nuclear, tratamiento de desechos, hidráulica, biomasa y biocombustibles.</li> <li>• Sin fuerte compromiso gubernamental y cooperación internacional será imposible controlar las emisiones GEI, pues se requieren incentivos para escoger las mejores alternativas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuclear.</li> <li>• Estándares en la producción y uso final.</li> <li>• Valor CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Desarrollo tecnológico.</li> <li>• ↓tensión en el mercado de petróleo.</li> <li>• ↑participación sector privado.</li> </ul> </li> </ul>
Fuente: Elaboración propia con datos de IEA, 2007; Öko Institut, 2007; CEE, 2007; WEC, 2007.				

## 1.2.2 Un agravante: el cambio climático

El cambio climático es identificado como uno de los mayores problemas ambientales derivado del incremento de las concentraciones de los principales GEI<sup>22</sup> como resultado de las actividades humanas, particularmente la producción energética. Dichas emisiones han aumentado de manera alarmante, en 1990 eran de 33,00 millones de toneladas, en 2005 de 41,000 y en 2010 fueron cercanas a 50,000 millones de toneladas (DANELL, 2011: 1). Las concentraciones acumuladas entre 1906 y 2005 provocaron un incremento de 0.74° C en la temperatura global (IPCC, 2007).

Este fenómeno entraña riesgos importantes sobre los sistemas terrestres<sup>23</sup> y el bienestar humano (Gráfica 2). Los sucesos climáticos extremos tales como inundaciones por el aumento en la intensidad de las precipitaciones, sequías, desertización, aumento en la incidencia y fuerza de huracanes y ciclones, los cuales se expresarán en la pérdida de bienes y vidas y, al mismo tiempo, estarán asociados con cambios en la oferta-demanda de agua, alimentos, energía y otros bienes tangibles derivados de estos sistemas, limitando las oportunidades de utilizar el medio ambiente con fines de recreación y turismo o el manejo del medio ambiente como valor cultural y valor de preservación.



<sup>22</sup> Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 50%; metano (CH<sub>4</sub>), 18%; oxido nitroso (N<sub>2</sub>O), 6%; hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFC) y hexafloururo de azufre (SF<sub>6</sub>) (UNFCC, 2004).

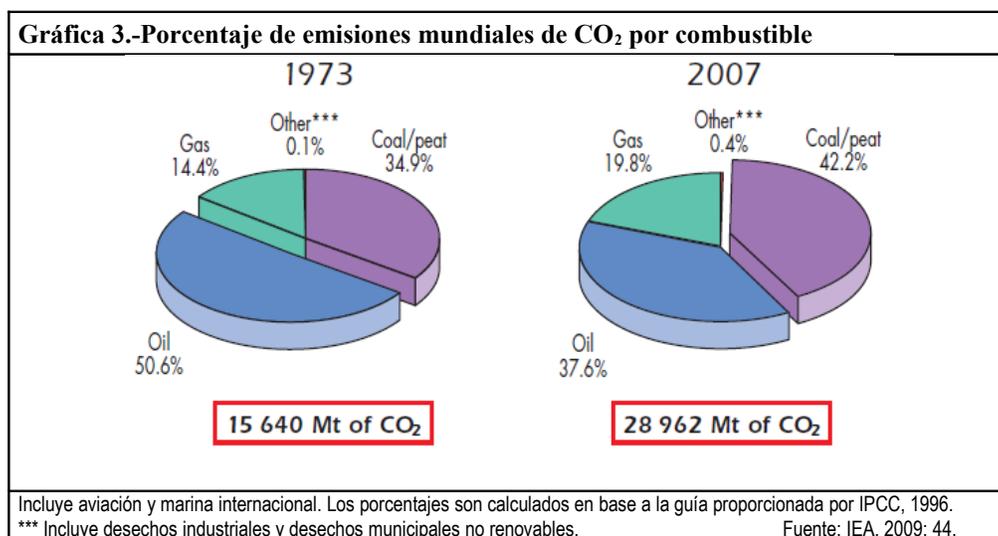
<sup>23</sup> Ampliación del área de los lagos glaciares, inestabilidad del suelo en las regiones de hielos permanentes, cambios en los ecosistemas del Ártico y la Antártica, calentamiento de lagos y ríos en diversas regiones, acidificación de los océanos como resultado de la captación de carbono, etc. (IPCC, 2007b).

Es probable que proliferen conflictos por el acceso a los recursos, disturbios sociales, declinación económica, migración masiva en la búsqueda de mejores condiciones de vida y el aumento de refugiados ambientales, por lo cual se requiere desarrollar respuestas de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad socioambiental (OSWALD, 2006).

En la primera década del Siglo XXI han ocurrido poco más de 3,800 desastres naturales que costaron la vida a más de 780 mil personas y han afectado a 200 millones de seres humanos. Se estima que 60% de las muertes las provocaron los terremotos, 22% las tormentas y 11% las temperaturas extremas. Esto obliga a dejar el discurso y a emprender acciones concretas que coadyuven a contrarrestar los efectos y la incidencia de esos fenómenos (VALLADARES, 2010:7).

Utilizando modelos económicos formales, el Informe Stern indica que en caso de no actuar el costo total equivaldrá a una pérdida anual permanente de 5% del PIB mundial, si se toma en consideración un conjunto más amplio de riesgos y efectos, los daños estimados se elevan a 20% del PIB. Por el contrario, el costo de reducir las emisiones de GEI a fin de evitar las consecuencias del cambio climático podría limitarse al 1% anual del PIB global, por lo que la inversión en los próximos 10-20 años incidirá profundamente en el clima (STERN, 2007: 21). Aunque las emisiones se detuvieran hoy, el calentamiento adicional de la atmósfera es inevitable, el CO<sub>2</sub> persistirá por 50-200 años influenciando el clima durante varias décadas (RUSSELL, 2008).

El combate del cambio climático se ha convertido en un tema de debate internacional y el sector energético es responsable de más de la mitad de las emisiones de GEI (27,136 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente), debido al predominio de los combustibles fósiles en la producción (ver Gráfica 3).



Precisamente, el Protocolo de Kyoto<sup>24</sup> y sus mecanismos flexibles son estrategias multilaterales para hacer frente al riesgo latente, cuya meta primordial es reducir el índice de emisión de GEI a 450 partes por millón (ppm), equivalente a un aumento de la temperatura de entre 2° y 2.4° C, a través de la ejecución de proyectos de ahorro de energía, aprovechamiento de ER, reducción en el cambio de uso de suelo, etc.

Los países pueden cumplir el objetivo mediante la reducción de las emisiones internas, el intercambio de permisos de emisión a través de un sistema de límites e intercambio (*cap and trade*)<sup>25</sup> y la compra de créditos de reducción de emisiones resultantes de proyectos llevados a cabo en países en desarrollo acogidos al mecanismo de desarrollo limpio (MDL)<sup>26</sup>, o en el caso de las economías en transición al mecanismo de aplicación conjunta.<sup>27</sup>

La mayoría de los países comprometidos con el Protocolo no están cumpliendo su compromiso de reducción (industrializados y en transición), y algunos países en vías de desarrollo han incrementado vertiginosamente sus emisiones de CO<sub>2</sub>. China se ha convertido en el mayor emisor de bióxido de carbono, aunque su consumo per capita es sustancialmente menor al de Europa y EUA. De acuerdo con las proyecciones a 2030, el crecimiento en la producción de energía y en la emisión de CO<sub>2</sub> ocurrirá en los países en vías de desarrollo, cuyo consumo se incrementará 70% respecto de 2005, pero en términos per capita será menor que el de los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (EXXON MOBIL, 2007).

En diciembre de 2007 en el seno de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se acordó la “hoja de ruta de Bali”, estableciendo un calendario de reuniones conducentes a negociar el acuerdo internacional de reducción de emisiones en el periodo 2012-2050 (Reunión en Copenhague en 2009), con el propósito de conciliar el rechazo de los países en desarrollo a adoptar medidas que podrían frenar su industrialización (China e India) y la negativa de EUA a firmar un compromiso vinculante.

La negociación ha girado en torno a si se debe continuar con un enfoque de tope a las emisiones, o bien, en su recorte. En esta línea existen voces críticas que consideran que las tecnologías actuales no pueden apoyar una declinación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y una economía global en expansión, por lo cual resulta necesario desarrollar tecnologías bajas en carbono radicalmente avanzadas, un compromiso en la investigación y el desarrollo, cambios institucionales, construcción de infraestructura apropiada, aceptación pública y tempranas inversiones en captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, autos híbridos de conexión eléctrica, plantas eléctricas solares

<sup>24</sup> Obliga a los países industrializados y las economías en transición (países Anexo B) a mitigar las emisiones conjuntas de seis gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC y hexafluoruro de azufre) respecto al año base de 1990 para los tres primeros gases y 1995 para los otros tres, durante el periodo 2008-2012, en proporciones diferentes según el país (URANGA, 2005: 17).

<sup>25</sup> El mercado internacional de emisiones son las transacciones de derechos de emisión entre países del Anexo B que pueden realizarse de forma privada o bien a través de los diferentes esquemas nacionales.

<sup>26</sup> Proyectos ejecutados en países en vías de desarrollo financiados por países Anexo B que generan CER (Certified Emission Reductions) y sirven para comprobar el esfuerzo de reducción.

<sup>27</sup> Implementación conjunta (JI), son proyectos que se llevan a cabo con el fin de incentivar la aplicación de tecnología más eficiente en los países del Anexo B (economías en transición) y generar unidades de reducción de emisiones (ERU) a un menor costo.

termales, entre otras (LEMAITRE, 2008).

En la Convención de Copenhague no se alcanzó un acuerdo vinculante de reducción de emisiones. El texto pactado por EUA, China, India, Brasil, Sudáfrica y otros 27 países<sup>28</sup>, no obtuvo consenso debido al rechazo de Venezuela, Cuba, Nicaragua, Bolivia y Sudán, pues incluía únicamente compromisos voluntarios, sin verificación de emisiones excepto en las reducciones hechas con fondos internacionales y un escueto compromiso de los países ricos para movilizar US\$100,000 millones con el objetivo de apoyar a las naciones más pobres en la aplicación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático (WWI, 2009; CÁCERES, 2010; GONZÁLEZ, 2010).

Esta negociación se retomó en la Convención de Cancún, México (COP-16). Los participantes continuaron centrados en los compromisos voluntarios y se concretaron US\$30,000 millones para el Fondo de mitigación y adaptación en países vulnerables, los cuales serán administrados por el Banco Mundial (CONOC, 2010). En ausencia de un compromiso de mitigación global, las tendencias actuales determinan elevaciones de temperatura promedio entre 4°C y 6°C, con consecuencias catastróficas (DANELL, 2011:19).

De cualquier forma, hasta ahora los mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto han contribuido a movilizar nuevas inversiones en la mitigación del cambio climático y a respaldar inversiones en energía limpia. De 2002 a fines de 2006 se movilizaron US\$2,700 millones en créditos de reducción de emisiones de carbono resultantes de proyectos de energía limpia (energía renovable y recuperación de metano, sustitución de combustibles y uso eficiente de la energía), lo que ha generado inversiones por valor de US\$16,000 millones en esas áreas (BM, 2008).

El IPCC considera que una señal eficaz emitida por los precios del carbono podría hacer realidad un gran potencial de mitigación en todos los sectores, haciendo que muchas opciones sean atractivas económicamente (suministro de energía, transporte, industria, construcción, agricultura, silvicultura y gestión de desechos).<sup>29</sup> De acuerdo con el Banco Mundial, el mercado de carbono en 2006 ascendió a US\$30,000 millones triplicando los US\$10,000 millones registrados en 2005. El Régimen para el comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (UE) dominó el mercado con transacciones aproximadas a US\$25,000 millones (*idem*).

Entre 2002 y 2006 se comercializaron alrededor de 920 millones de toneladas de créditos de reducción de emisiones en el marco del MDL, lo que representa un valor acumulado de US\$7,800 millones y la movilización de US\$21,600 millones en inversiones, de los cuales 74% se dirigieron a proyectos de energía limpia. En 2006 las transacciones fueron por US\$5,000 millones equivalentes al doble del valor registrado en 2005. Los países en

<sup>28</sup> Las naciones industrializadas se niegan a asumir colectivamente la reducción de gases entre 25% y 40% para 2020 como recomienda el IPCC. Ocho países son responsables de 82.5% de las emisiones de GEI: China con 22%, EUA 20%, Unión Europea 15%, India 8%, Federación Rusa 5.5%, Indonesia 5%, Brasil 4% y Japón 3% (DANELL, 2010: 1).

<sup>29</sup> Según Yvo de Boer, secretario ejecutivo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, mediante el financiamiento del carbono existe potencial para generar hasta USD\$100,000 millones por año en flujos de inversiones en proyectos ambientales con destino a los países en desarrollo.

desarrollo suministraron alrededor de 450 millones de toneladas de dióxido de carbono vía el MDL con un valor de US\$4,800 millones y China acaparó el 61% del volumen de dichas transacciones, y en el marco de los proyectos de aplicación conjunta las economías en transición comercializaron 16.3 millones de toneladas, es decir, 45% por encima de los niveles de 2005 y con un valor de US\$141 millones, donde más del 60% de los volúmenes negociados fueron de Rusia, Ucrania y Bulgaria (*idem*).

Cabe señalar que el precio de los bonos de carbono se desplomó en el mercado europeo, pasaron de €26.05 en septiembre de 2008 a €14.44 en enero de 2009 y €15.45 en septiembre de 2010, lo cual no significó un aumento en la colocación de CER, sino una baja de 48% respecto de 2008 y de 62% en relación a 2007. De manera similar, en 2009 el mercado primario de CER arrojó un volumen de 211 millones de unidades en comparación a los 404 millones operados en 2008. La principal causa puede ser el proceso burocrático de obtención que en 2008 era de un año y actualmente es de tres (DANELL, 2011: 19).

Fuera del Protocolo de Kyoto se han registrado algunos avances en los mercados voluntarios y las políticas destinadas a la gestión de las emisiones de GEI en América del Norte y Australia. Un caso interesante es el ocurrido al interior de propio Banco Mundial, institución internacional que comenzó como promotor del mercado mundial de reducciones de emisiones de carbono y actualmente ha incorporado el financiamiento del carbono en sus programas de asistencia a los países clientes para incentivar la transición a una economía con bajo nivel de emisiones de carbono. Administra más de US\$2,000 millones distribuidos entre 10 fondos de carbono y mecanismos (BM, 2008).<sup>30</sup>

Adicionalmente, en 2007 se aprobó la propuesta de establecer dos nuevos fondos del carbono destinados a respaldar a los países en desarrollo: *el Servicio de asociación para el carbono*<sup>31</sup> dedicado a las áreas de desarrollo del sector energético, eficiencia energética, quema de gas, transporte y desarrollo urbano, incluidos los sistemas integrados de gestión de residuos; y *el Servicio de asociación para el carbono forestal*<sup>32</sup>, cuyo objetivo es evitar la deforestación compensando a los países en desarrollo (REDD plus) por el costo de las reducciones de dióxido de carbono que implica la conservación de sus bosques. Ambos fondos tienen por objetivo adquirir

---

<sup>30</sup> Estos fondos han recibido aportes financieros de 16 gobiernos y 66 empresas privadas de varios sectores. Destacan: el *Fondo del Carbono para el Desarrollo Comunitario*, otorga financiamiento a proyectos en energía limpia realizados en las zonas más pobres del mundo en desarrollo; el *Fondo de Biocarbono*, centrado en proyectos de secuestro de carbono de los bosques y los ecosistemas agrícolas; el *Fondo Italiano del Carbono*, respaldan costos de transferencia tecnológica; el *Fondo General del Carbono* es un mecanismo adicional destinado a mancomunar fondos de carbono administrados por el Banco Mundial y otros participantes a fin de adquirir reducciones de emisiones resultantes de proyectos de gran magnitud.

<sup>31</sup> Por ejemplo, en lugar de adquirir reducciones de GEI resultantes de un proyecto por vez (como la reducción de metano proveniente de un vertedero), el servicio podrá trabajar estratégicamente en numerosos proyectos en cualquier parte del país o región de que se trate. Esto permitirá al Banco Mundial ampliar sus operaciones de financiamiento del carbono e integrarlas sistemáticamente en los programas de asistencia.

<sup>32</sup> Respalda programas dirigidos a las causas de la deforestación, al apoyo de la población pobre que depende de los bosques, a fortalecer la capacidad técnica, etc. Hoy en día, estas emisiones representan entre el 18% y el 25%. El servicio opera desde la Conferencia de Bali en 2007, en la que 10 países desarrollados y una organización no gubernamental asumieron compromisos financieros por un total de US\$165 millones.

emisiones de GEI después de 2012, lo que ayudará a despejar la incertidumbre generada en torno al período posterior al Protocolo de Kyoto (*idem*).

### 1.3 Las fuentes renovables de energía

Anteriormente se señaló la importancia de las ER en la sustitución de los combustibles fósiles, cuya problemática esta dada por la volatilidad de sus precios, el declive en las reservas, la emisión de GEI causantes del cambio climático y la conflictividad política de los países poseedores de dichos energéticos. Sin embargo, los datos duros muestran que la penetración de las ER ha sido muy lenta aún con los incrementos sustantivos experimentados en los últimos años y gracias a los mecanismos nacionales e internacionales diseñados expresamente para tal fin (Tabla 3).<sup>33</sup>

Tabla 3.-Renovables: Indicadores seleccionados 2005-2008						
Indicadores	2005	2006	2007	2008	2009	Unidad
Investigación	60	93	104	130	150	bn. US\$
Potencia instalada acumulada (incluye mini-hidráulica)	182	207	240	280	340	GW
Potencia instalada acumulada + hidroeléctrica	930	1020	1070	1140	1230	GW
Potencia instalada eólica	59	74	94	121	159	GW
Potencia instalada solar FV conectada a la red	3.5	5.1	7.5	13	21	GW
Potencia instalada solar térmica	88	105	126	145	180	GWth
Producción anual de etanol	33	39	50	67	76	bn lt.*
Producción anual de biodiesel	3.9	6	9	12	17	bn lt.
Países con objetivos cuantitativos de política	52	-	66	73	100	No.
Estados/provincias/países con feed-in	41	-	49	63	75	
Estados/provincias/países con estándares	38	-	44	49	56	
Estados/provincias/países con obligaciones de biocombustibles	38	-	53	55	65	

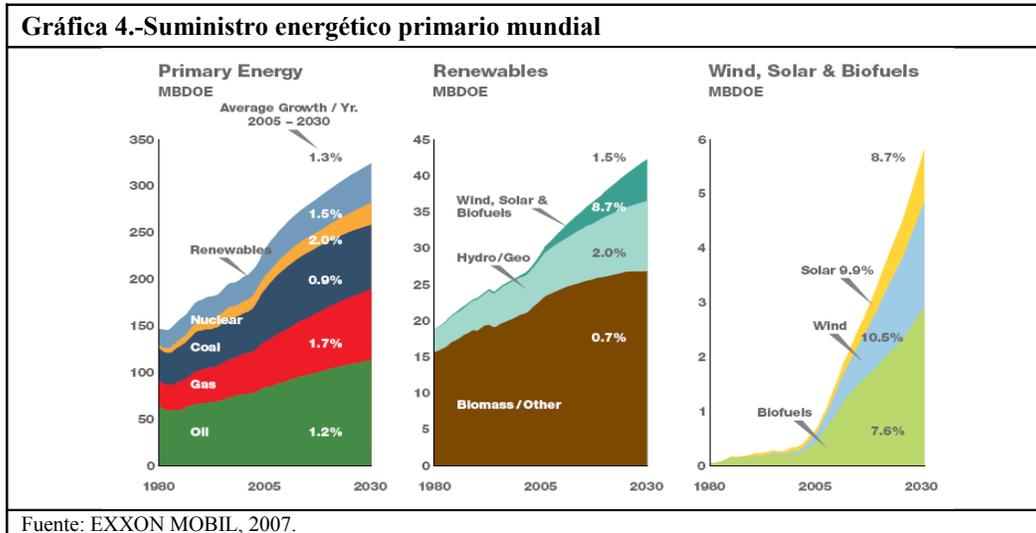
\* Billones de litros. Fuente: REN21 2008, 2009 y 2010.

La aplicación de las tecnologías renovables disponibles podrían producir 3000 Exajoules, esto significa que son capaces de cubrir totalmente las necesidades de energía de nuestra civilización (425 Exajoules en 2007) (FLAVIN, 2008: 82). Pese a ello, en 2009 solamente aportaron 2.8% del consumo energético global frente al 78% fósil, 13% biomasa tradicional (leña), 3.2% hidráulica y 2.8% nuclear. En términos de la producción eléctrica global, las ER participaron en 3%, fósil 69%, hidráulica 15% y nuclear 13% (REN21, 2010:15-16).

De acuerdo con el pronóstico de Exxon Mobil (2007), las ER crecerán 1.5% por año al 2030. Las fuentes eólica, solar y los biocombustibles tendrán un crecimiento de 8.7%, en comparación con el 0.7% de biomasa

<sup>33</sup> En 2009, la investigación en ER estuvo principalmente a cargo de Alemania, China, EUA, Italia y España, y la mayor capacidad acumulada se concentró en China, EUA, Alemania, España e India. Las adiciones de nueva capacidad eólica fueron realizadas por China, EUA, España, Alemania e India; solar fotovoltaica conectada a la red por Alemania, Italia, Japón, EUA y República Checa; y térmica solar por China, Alemania, Turquía, Brasil e India. El mayor incremento en la producción de etanol corrió a cargo de EUA, Brasil, China, Canadá y Francia; mientras la de biodiesel a manos de Francia, Alemania, EUA, Brasil y Argentina (REN21, 2010:13).

tradicional, 2% de hidroeléctrica y geotérmica. Dentro de ese 8.7%, se pronostica que la eólica crecerá 10.5%, la solar 9.9% y los biocombustibles 7.6%, logrando aportar 3% de la energía global (el sol y el viento 2%, los biocombustibles –principalmente el etanol- 2%) (Gráfica 4).



La mayor desventaja atribuida a estas fuentes es su intermitencia, la eólica y solar tienden a estar disponibles solamente el 25-40% del tiempo dependiendo de la tecnología empleada y el sitio de implantación, cuestión que puede ser subsanada si se les emplea como soporte de las plantas convencionales en la red.

Los costos también fungen como un obstáculo importante (Tabla 4), un kWh obtenido a partir de fuentes convencionales varía de 4 a 8 centavos de dólar, mientras del lado de las ER solamente la hidráulica y la geotérmica ofrecen costos bajos, el concentrador solar y la eólica off-shore se salen del rango, y el resto, se mantiene en el nivel, pero con dificultades para ser competitivas frente a las convencionales.

Tecnología	Tamaño (MW)	Costo c\$US/kWh
Hidráulica	10-18,000	3-5
Mini-hidráulica	1-10	5-12
Eólica on-shore	1.5-3.5	5-9
Eólica off-shore	1.5-5	10-14
Geotérmica	1-100	4-7
Concentrador solar	50-500	14-18

Fuente: Elaboración propia con datos de REN21, 2010:26.

Los costos de las principales renovables han declinado significativamente gracias a las mejoras tecnológicas y la madurez adquirida por los mercados, además se han vuelto más competitivas gracias al incremento de los precios de las energías fósiles, ello ha impactado favorablemente la expansión de las ER en el

mundo. Asimismo, es probable que el establecimiento de un precio sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en el marco del régimen de cambio climático favorezca el empleo masivo de las ER. Por ello, se prevé un crecimiento promedio anual de 1.5% hasta el 2030 en la contribución de las energías renovables (EXXON MOBIL, 2007).

Sin embargo, se debe subrayar la existencia de una falla de mercado en el sector energético que permite a los productores de energía mediante fuentes fósiles el no asumir los costos del daño ambiental, lo cual sumado al subsidio gubernamental en casi todos los países, les otorga una ventaja comparativa en términos de precio respecto de las ER. El proyecto "ExternE"(2002), encargado de evaluar –en la UE- los costos externos de diversos combustibles, concluye que la energía eólica está en la gama más baja de estos costos ocultos que van de 0.15 a 0.25 centavos de €/kWh, mientras el carbón tiene costos ocultos superiores de 2 a 15 centavos de €/kWh. Si las externalidades asociadas al ambiente y a la salud fueran consideradas, el costo real de la electricidad mediante el carbón o petróleo se doblarían y los del gas aumentarían en un 30% (GWEC, 2006: 32).

En tanto las externalidades se incorporan al precio de los combustibles, expertos aseguran una mayor expansión de las ER en la medida que se incremente la habilidad de integrar los nuevos recursos de energía con la infraestructura energética existente, pues ello reducirá los costos y dará mayor rapidez a la transición. En el presente, la eólica está integrada en diversas redes eléctricas, el etanol se está adhiriendo a la gasolina. En Alemania productores locales han empezado a inyectar biogás (metano) en los gaseoductos de gas natural. En Japón muchos propietarios están generando electricidad con celdas solares y vendiendo energía a sus redes locales (WWI, 2008).

Se espera una franca declinación en los precios del kWh gracias a las innovaciones tecnológicas, el desarrollo de los mercados y el aumento en las escalas de producción. Un análisis de costos de producción en diversas industrias manufactureras hecho por *The Boston Consulting Group*, asegura que cuando la producción acumulada de una mercancía dada se incrementa al doble, entonces los costos de producción bajan entre 20-30%. La producción acumulada anual de turbinas eólicas se está doblando cada 3 años y la de la solar FV cada 2 años, por ello se prevé una reducción de 50% en los costos en los próximos 4 o 6 años (*Ibid.* 86).

Las ER tienen un papel preponderante en el tema de limitar el aumento de temperatura global a 2-2.4° C (una concentración de CO<sub>2</sub> equivalente a 445-490 ppm). De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, alcanzar este objetivo demanda una inversión anual en ER, eficiencia y captura de carbón de US\$500 billones hacia 2020, lo cual requerirá que la inversión a partir de 2008 aumente sostenidamente 19% cada año durante los próximos 12 años. Ello supone la aplicación de medidas especiales de impulso que se ven lejanas frente al relativo fracaso del acuerdo posterior a Kyoto (UNEP, 2010).

## 1.4 Conclusión

El actuar energético regional, nacional y local responde a pautas de conducta debatidas y establecidas colectivamente en los foros internacionales. Actualmente, se observa un cambio en el sector energético no sólo a nivel discusivo sino práctico, dirigido sobre todo a la promoción de la eficiencia, diversificación energética y mitigación del cambio climático, ya que según el llamado Informe Stern prevé que en caso de no actuar, los costos y riesgos totales del cambio climático equivaldrán a una pérdida anual permanente de entre 5 y 20% del PIB mundial, cantidad onerosa en comparación con el costo de reducir las emisiones de GEI que se aproxima al 1% anual del PIB global.

En atención a este pronóstico, informes internacionales indican la necesidad de asegurar el suministro energético haciendo uso de los recursos energéticos posibles (fósil convencional y no-convencional, nuclear y ER) y aplicando medidas de eficiencia. En el caso de la protección al medio ambiente proponen la eliminación de obstáculos al uso de ER y el desarrollo de tecnologías que reduzcan las emisiones de GEI.

Inicialmente, el sistema está transitando hacia una mayor cobertura del gas, carbón y energía nuclear en sustitución del petróleo, pero a largo plazo y con el objetivo de asegurar nuestra supervivencia como especie se deberá impulsar el dominio de las ER. Sin embargo, habrá que limitar los obstáculos a la adopción de estas energías de manera contundente en las esferas técnica, financiera, económica, política, social y ambiental.

La medida más popular en la transición es la privatización del sector energético acompañada de subsidios o estímulos, pues ello permitirá financiar la transformación en los países con recursos fósiles o con potencial renovable. No obstante, existen voces críticas que proponen un cambio profundo y, por tanto, otros mecanismos de apoyo, tales como el reflejo de los costos ambientales en los precios de los combustibles fósiles, la valoración de las externalidades positivas de las ER, transferencia tecnológica a países menos avanzados y fondos de financiamiento especial para que los países pobres realicen la transformación energética sin sangrar su economía nacional.

## 2. La expansión de la energía eólica en el ámbito mundial

### Objetivo:

Describir la situación actual de la energía eólica en el ámbito mundial y las perspectivas futuras.

### 2.1 Introducción

En este capítulo se examina la evolución tecnológica experimentada por los aerogeneradores en relación con su potencia, energía generada, diámetro del rotor, altura del eje motriz, costo por unidad y su rendimiento. Asimismo, se presenta la situación actual del mercado eólico y sus perspectivas al 2050, incluyendo la potencia instalada, emisiones de CO<sub>2</sub>, costos de operación y mantenimiento (O&M), empresas de manufactura y costos de investigación. Igualmente, se abordan las principales barreras a la expansión eólica en el mundo y las medidas de estímulo a su penetración.

El mercado global de la energía eólica se ha expandido rápidamente. El éxito de esta industria le ha permitido atraer tanto a inversionistas de las finanzas convencionales, como de los sectores de la energía tradicional. En varios países, la proporción de electricidad generada por la energía eólica está rivalizando con los combustibles convencionales, p.e. Dinamarca y España.

La industria eólica había sido más dinámica en los países de la UE, pero esto empieza a cambiar. EUA, China e India están experimentando una oleada de actividad al igual que otros mercados en Asia y Sudamérica. Esto ha sido estimulado por la combinación de diversos factores (GWEC, 2006: 16-22):

1. *Inseguridad del suministro.* La demanda global de energía está aumentando a un ritmo impresionante, esto significa mayor presión sobre las reservas de combustibles fósiles ubicadas en regiones inestables, así como incremento en la dependencia de las importaciones y la volatilidad de precios. Contrariamente a las incertidumbres que envuelven a las fuentes fósiles, la energía eólica es una fuente de energía local y abundante, no hay costos de combustible y ningún riesgo geopolítico.
2. *Preocupación ambiental.* El cambio climático es la mayor amenaza ambiental que enfrenta el mundo, provocada en gran medida por la emisión de GEI durante la combustión fósil. Las ER no producen GEI durante su operación, pero es esencial diseñar y ejecutar políticas de impulso adecuadas.
3. *Economía.* El costo de inversión en ER es alto, ya que es un segmento de reciente creación y requiere el desarrollo de adaptaciones. La eólica ha evolucionado hasta ser competitiva, un aerogenerador moderno produce anualmente 180 veces más electricidad que sus predecesores de

hace 20 años y a menos de la mitad del costo por unidad (kWh).<sup>34</sup>

4. *Empleo y desarrollo local.* Esta industria ofrece oportunidades de empleo en las áreas de fabricación, construcción y mantenimiento. En las zonas rurales, canalizan inversiones y proveen a los agricultores de una renta constante mientras continúan con sus actividades agropecuarias.<sup>35</sup>
5. *Tecnología e industria.* Desde 1980 –cuando fueron desplegados los primeros aerogeneradores comerciales-, se han realizado avances impresionantes en capacidad, eficacia y diseño visual.<sup>36</sup> La fabricación de las turbinas eólicas, se ha beneficiado de la mejor comprensión de la aerodinámica y de los factores de carga, así como de las ventajas económicas que aportan las técnicas de la producción en masa.

## 2.2 Los generadores convertidores de energía eólica (WEC)

Los generadores eólicos conocidos técnicamente como Wind Energy Converters (WEC), son convertidores de energía o motores de viento que se encargan de transformar la energía cinética del movimiento de las moléculas del aire en energía rotacional. Si se utiliza en el bombeo de agua el sistema se denomina aerobomba, si accionan un dispositivo mecánico se está ante un aeromotor y si generan electricidad se conocen con el nombre de aerogeneradores (DWIA, 2003). Actualmente, la mayoría de los WEC producen electricidad, por lo cual su producción es medida en términos de kWh.

Aunque las micro-eólicas y los grandes generadores se parecen, las micro-eólicas constituyen un sector tecnológicamente diferente, pues están dirigidas a mercados muy específicos, con diseños, aplicaciones y soluciones técnicas simplificadas. Una manera de distinguir estos dos tipos de tecnología es a través del número de palas, las micro-aplicaciones cuentan con una gran cantidad de aspas, mientras los grandes generadores tienen máximo tres, debido a su mayor exposición al viento. La influencia de los vientos extremos en las aplicaciones a gran escala se limita con pocas palas, largas y estrechas (Ilustración 1).

No existe una clasificación convencional que defina las pequeñas instalaciones o micro-eólicas, pero se entiende que son aquellas con una potencia instalada inferior a 100 kW. Las medianas pueden producir entre 100 kW y 1 MW, y los grandes sistemas comienzan a partir de 1 MW en adelante. Las instalaciones por debajo de 20-30 kW se utilizan para producir energía eléctrica para el autoconsumo y en las de mayor tamaño una parte de la

<sup>34</sup> El análisis de la publicación de la industria Windpower Monthly (enero de 2006), demuestra que en un sitio con una velocidad media del viento de más de 7 metros por segundo y un costo de capital por kilovatio instalado de aproximadamente €1000, el viento es más barato que el gas, el carbón y la energía nuclear (GWEC, 2006: 32).

<sup>35</sup> Un estudio realizado recientemente en EUA por el National Renewable Energy Laboratory, concluyó que la inversión en energía eólica cuando se desarrolla en las regiones rurales tiene un impacto económico medido en nuevos trabajos, rentas e impuestos, mayor a una central eléctrica con combustible fósil (GWEC, 2006: 21).

<sup>36</sup> Los aerogeneradores modernos tienen 100 veces el tamaño de aquellos de 1980 y los diámetros de las palas han aumentado ocho veces. Las turbinas más grandes fabricadas hoy en día tienen una capacidad de más de 5 MW, con diámetros de palas por encima de los 100 metros (GWEC, 2006: 22).

energía producida se destina generalmente a la venta (AMDEE, 2008).



Por último, se debe comentar la existencia de otra diferencia en la producción eoloelectrónica, los parques eólicos en tierra (*on-shore*, la más extendida) y las instalaciones marinas (*off-shore*), cuya localización implica contrastes en términos de materiales, potencia, duración, producción, transmisión y costo, entre otros.

## 2.3 La evolución tecnológica

La tecnología de los aerogeneradores se ha desarrollado aceleradamente en los últimos 28 años en aerodinámica, control y eficiencia, aumentando su rendimiento y confiabilidad hasta competir con las más modernas plantas de ciclo combinado.

<b>Tabla 5.- Evolución de los Aerogeneradores 1981-2009</b>										Crecimiento %
Concepto	Unidad	1981	1985	1990	1998	1999	2000	2005	2009	En 28 años
Potencia	kW	65	165	300	580	730	1,300	5,000	6,000	9231
Energía Generada	MWh	45	220	550	1,480	2,200	5,600	17,000	20,000	44444
Diámetro Rotor	M	10	17	27	40	50	71	115	126	1260
Altura Eje Motriz	M	30	40	50	78	90	100	120	138	460
Costo Total	miles\$US	25	100	225	550	750	1,500	3,200	3,840	15360
Costo por unidad	\$US/kW	2,600	1,650	1,333	1,050	950	790	640	640	25
Rendimiento <sup>1</sup>	%	7.9%	15.2%	20.9%	29.1%	34.4%	49.2%	38.8%	38.1%	481
Nota: <sup>1</sup> El rendimiento se calculó con: $MWh \cdot 1000 / (24 \cdot 365 \cdot kW) \cdot 100$ Fuente: Elaboración propia con datos de EWEA, 2009; EWEAb, 2009; IBERDROLA, 2007 y EC, 2005.										

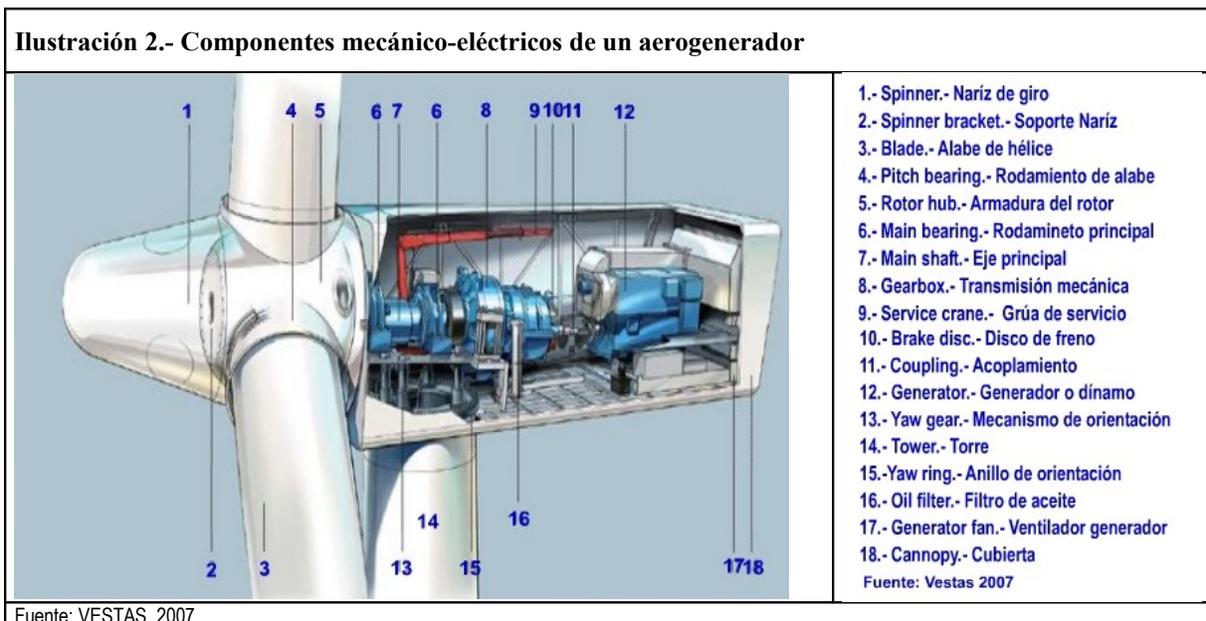
De 1981 a 2009 la potencia se incrementó de 65 kW en 1981 a 6,000 kW en 2009, es decir, 92.31 veces; la energía generada anual pasó de 45 MWh (Megawatt hora) a 20,000 MWh, aumentando 444.44 veces; el diámetro del rotor creció de 10 a 126 metros (12.60 veces), contribuyendo a que la generación de energía eléctrica aumentara 35 veces por cada metro de diámetro de crecimiento de la hélice; las torres aumentaron de 30 a 138 metros (4.60 veces), por cada metro la generación de electricidad se amplió 97 veces (Tabla 5). El salto

tecnológico alejo a la energía del viento de cualquier comparación con el pasado.

El costo de los aerogeneradores creció de US\$25 a US\$3,840, es decir, 153.6 veces. En comparación con el crecimiento de la generación se tiene que, por cada dólar la generación aumentó 3 veces. En el presente, instalar un kW de potencia cuesta sólo el 25% que en 1981.<sup>37</sup>

En cuanto al rendimiento, se observa un pico de 49.2% en el 2000 y una estabilización a 38% los años siguientes, como resultado de la falta de maduración en los prototipos.

Los aerogeneradores tienen características distintas dependiendo de las especificaciones de su fabricante, pero invariablemente cuentan con una hélice y rotor, caja de engranes multiplicadora de la velocidad de giro del eje de la hélice, sistema de monitoreo meteorológico, equipo de orientación al viento, generador eléctrico, equipo de control computarizado, tableros eléctricos, transformador, sistema de enfriamiento, sistema de freno, grúa de servicio y sistema de lubricación (Ilustración 2).



Los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de los aerogeneradores se encuentran situados en la punta de cada torre. Cada una es supervisada de manera autónoma por un control electrónico que lee a través de sensores las condiciones de operación (vibración, temperatura, humo, dirección del viento, velocidad, frecuencia, voltaje, potencia, presión del aceite lubricante, etc.), y las ajusta óptimamente a través de actuadores.<sup>38</sup> La información se envía a través de fibra óptica al microprocesador PLC central que opera al generador eólico y a la central administrativa, ajustando el generador a las condiciones climáticas, minimizando cualquier falla. El sistema se conoce como control distribuido y con la excepción de daños mecánicos, solamente

<sup>37</sup> Se usó como base el costo de 2005.

<sup>38</sup> Los actuadores son los equipos motrices que ajustan el ángulo de las aspas de la hélice y la góndola en dirección del viento y accionan los frenos. Pueden ser eléctricos, hidráulicos, neumáticos o una combinación, con movimiento rotacional o lineal.

requiere mantenimiento preventivo durante su operación.

Los generadores más grandes instalados actualmente rondan los 3.0 MW de potencia en cada torre, en breve serán de 5.0 MW y ya existen prototipos de 6 MW, lo que significa que la generación de electricidad está distribuida en varias máquinas que generan de manera independiente, toman decisiones con su propio control local computarizado y ajustan las variables de generación y seguridad. Cuando se pone fuera de operación algún aerogenerador el resto del parque permanece en funcionamiento, contrario a lo que ocurre en una planta termoeléctrica.<sup>39</sup> El único caso en que toda una granja puede quedar fuera de servicio es cuando la subestación de interconexión con la red requiere de mantenimiento, pero esto ocurre con cualquier tecnología de generación.

El diseño de los aerogeneradores cubre velocidades de viento de 3 a 25 m/s (metros por segundo), funcionando la mayoría del tiempo a una fracción de su potencia nominal y, aunque la vida de los componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos es muy sensible a la operación bajo condiciones de sobrecarga, se puede esperar una operación libre de fallas por más de 20 años, así como menores costos de mantenimiento.

La eficiencia de esta tecnología se encuentra en 22.8%, esto significa que del total de viento que atraviesa un generador, solamente este porcentaje es aprovechado en la producción de energía; sin embargo, teóricamente es posible lograr 59.25% de eficiencia.

El escenario moderado de la AIE al 2050 (ETP BLUE), afirma que la innovación tecnológica será crucial en el avance eólico mundial por su efecto en el costo de los aerogeneradores. En este sentido, se busca aumentar la eficiencia del rotor a bajas velocidades y mejorar su funcionamiento en condiciones extremas de viento; incrementar el tiempo de operación de las instalaciones marinas; reducir los requerimientos de operación y mantenimiento; extender la vida útil de los aerogeneradores; desarrollar nuevos materiales de fabricación y comercializar los sustitutos; crear nuevos mercados, economías de escala, etc. Las mejoras en el concepto de las torres incrementarán 11% del factor de capacidad de las turbinas eólicas; en los rotores entre 10 y 35%; en la reducción de las pérdidas de energía 5-7%; en la caja de multiplicadora, el generador y los implementos electrónicos de 4-8% (IEA, 2009b).<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> Una central termoeléctrica se conforma de pocos generadores que generan cientos de MW (30 a 798 MW), un paro por contingencia o mantenimiento dejaría fuera de servicio una parte importante de la central o toda. En cuanto a la instrumentación y control en centrales antiguas (más de 15 años de antigüedad), además de ser tecnología obsoleta, su mantenimiento y modernización es costosa y se halla sujeta a más errores humanos.

<sup>40</sup> Se refiere a la introducción de materiales más ligeros en el rotor y góndola, reducción del uso de acero en las torres, desarrollo de superconductores que hagan más eficiente la parte eléctrica del generador, rotores más flexibles, el diseño de una nueva generación de turbinas off-shore con el mínimo de O&M, desarrollo de aplicaciones en aguas profundas sobre estructuras a más de 200 metros.

## 2.4 El mercado eólico

A partir de los últimos años de la década de 1970, la energía eólica se ha convertido en una industria global con un mercado de €36.5 billones; hoy en día suministra el 1.3% del total de la electricidad en el mundo, 12% en 2050 según la OCDE y se estima que en 2030 cubrirá el 17% del consumo mundial de electricidad, con una capacidad instalada de 2,500 GW, requiriendo un crecimiento anual de 12% a partir de 2014, lo cual resulta probable si se considera que desde el año 2000 la capacidad acumulada instalada ha crecido a tasas de 30% anual (BTM, 2009).

En 2050 las emisiones de CO<sub>2</sub> se podrían incrementar 130% en relación de las de 2005 en ausencia de políticas de reducción. No obstante, con un portafolio de soluciones basado en tecnologías de cero emisión que incluya ER (46%), energía nuclear (23%), combustibles fósiles con sistemas de captura de carbón (26%), entre otras, permitiría reducir las emisiones un 50% respecto de 2005: escenario ETP BLUE (IEA, 2009b).

### 2.4.1 Producción y emisiones

En 1996 había instalados 9,576 MW eólicos y en el año 2008 eran 121,188 MW, trazando una curva ascendente que refleja la potencia eólica acumulada en el mundo (Gráfica 5), cuya producción eléctrica ascendió a 260 millones de MW/h de electricidad (260 TW/h-Terawatts-hora) (IEA, 2009b).

Precisamente, el último año se adhirieron 28,153 MW de capacidad en aproximadamente 80 países (Egipto, Túnez, Japón, Taiwán, Corea del Sur, Filipinas, Brasil, México, Mongolia, Pakistán, Etiopía, Kenya, Tanzania, etc.), sin embargo, la UE mantuvo el liderazgo en capacidad instalada con el 54.0%, seguida en orden descendente por Norteamérica (22.9%), Asia Pacífico (21.6%), Sur y Centroamérica (0.8%), África (0.6%) y Medio Oriente (0.1%) (BP, 2009).

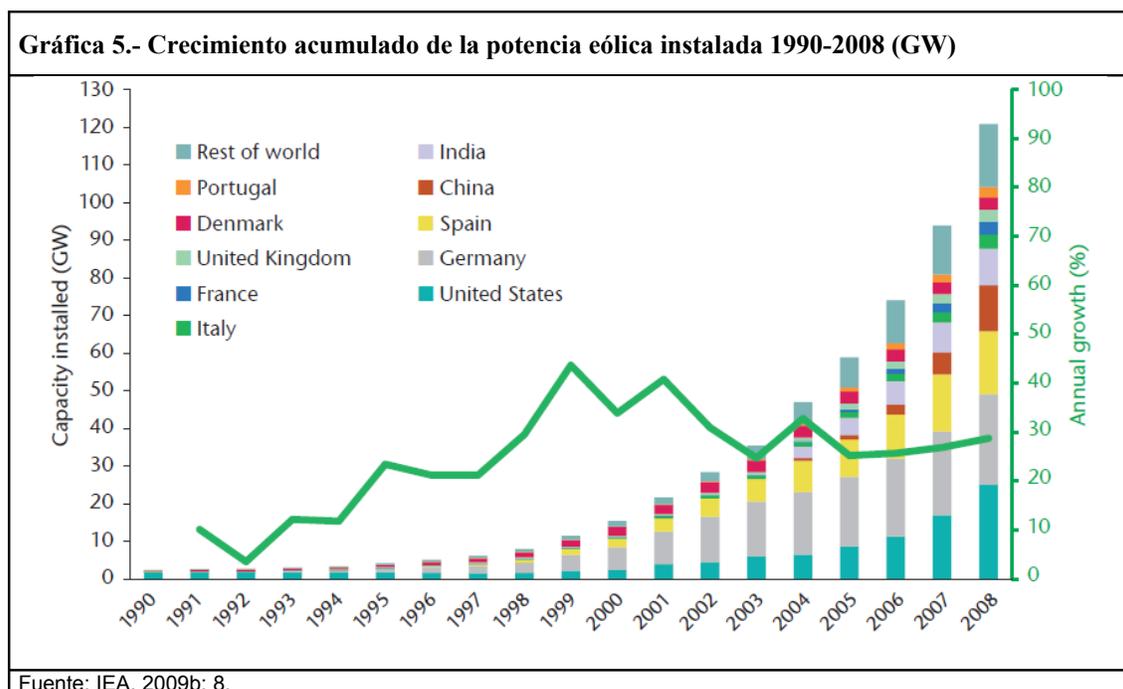
El incremento espectacular fue resultado de las adiciones de EUA (8.4 GW), China (6.3 GW), India (1.8 GW), Alemania (1.7 GW), España (1.6 GW), Italia (1.0 GW), Francia (0.9), Reino Unido (0.8 GW) y Portugal (0.7 GW). Así pues, EUA finalizó con 25.1 GW instalados, frente a 23.9 de Alemania, 16.7 de España, 12.2 de China, 9.6 de India, 3.7 de Italia, 3.4 de Francia, 3.2 de Reino Unido, 2.1 de Dinamarca y 2.8 de Portugal (REN21, 2009: 12).

EUA superó a Alemania, país que había mantenido la mayor capacidad acumulada al menos desde 1998. China en sólo 2 años adicionó 10 MW, creciendo 106% en 2008 respecto al 2007. El viento proveyó cerca del 20% del consumo de electricidad de Dinamarca, más del 11% en Portugal y España, 9% en Irlanda y cerca del 7% en Alemania, más de 4% en toda la UE y cerca del 2% en EUA (IEA, 2009).

Actualmente, la tecnología *onshore* es la infraestructura dominante<sup>41</sup>, ya que la *offshore* se encuentra en un estado temprano de desarrollo (Gráfica 6), la primera instalación marina fue colocada en 1991 en Dinamarca y en 2007 inició la construcción de la planta más grande del mundo en Bélgica con 300 MW.

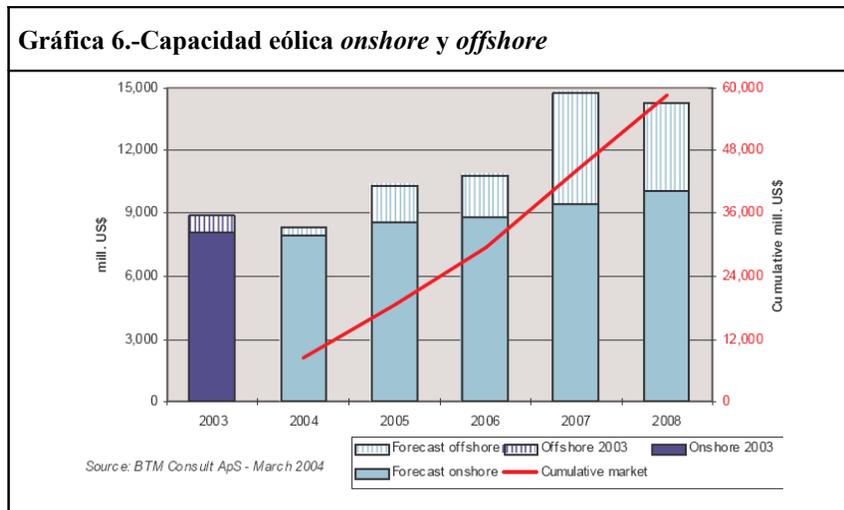
En 2008 la capacidad eólica marina ascendió a 1.5 GW, circunscrita prácticamente a Europa (Mar Báltico, Reino Unido, Países Bajos, Irlanda, Francia, Suecia y Bélgica). Los años 2005 y 2006 se caracterizaron por una adición anual aproximada de 100 MW, cambiando la tendencia en 2007 al añadirse 200 MW y en 2008 360 MW, siendo Reino Unido el líder. También existen turbinas en operación en China, Alemania, Italia y Japón y se planean proyectos en Canadá, Estonia, Francia, Alemania, Noruega y EUA (IEA, 2009b: 9).

La capacidad eólica instalada ha logrado evitar la producción de 230 megatoneladas de CO<sub>2</sub> al año (BTM, 2009); por lo cual, se espera que aumente en 2030 a 1,000 GW y en 2050 a 2,000 GW, equivalentes al 9% (2,700 TWh) y 12% (5,200 TWh) de la producción de electricidad mundial, respectivamente (GWEC, 2008).



En los próximos quince años Europa liderará el mercado eólico, seguido por EUA y China, pero en 2050, China será el líder mundial con 1,660 TWh. La continua incorporación de la tecnología eólica en el sector posibilitará el abatimiento de 2,100 millones de toneladas (Mt) por año. China evitará el 30% de las emisiones, seguido por OCDE Europa 22%, Centro y Sudamérica 10%, EUA 9%, OCDE Pacífico 8%, India 5%, Canadá y México 4%, Asia 4%, Medio Oriente 3%, Europa del Este y la Comunidad de Estados Independientes 3% y África 2% (AIE, 2009b: 15).

<sup>41</sup> La planta eólica más grande del mundo comenzó su operación en Texas en 2007, con una capacidad de 700 MW, cuya magnitud es igual al de una planta convencional de electricidad (IEA, 2008b).



## 2.4.2 Manufactura, operación y mantenimiento

En los últimos 5 años la manufactura de turbinas eólicas ha crecido 17% anualmente y diez compañías acaparan más del 90% del mercado mundial (Tabla 6). Como se observa, el mercado antes dominado por Vestas, GE Wind y las empresas alemanas (72% del mercado total en conjunto), ha ido cediendo terreno a las empresas asiáticas, que hoy en día cubren aproximadamente 30% del mercado, cuando en 2006 prácticamente no figuraban. La razón de ello es que China ha incrementado 93% su instalación anual por año desde 2004, demandando numerosos equipos que se están desarrollando en la región, como resultado de las políticas gubernamentales que obligan a un porcentaje de contenido local (este punto se detalla más a fondo en el último capítulo de este trabajo).

**Tabla 6.-Top de empresas de manufactura eólica 2006-2009**

Compañías	2009	2008	2007	2006
Vestas (Dinamarca)	12.5	19.8	22.8	28
GE Wind (EUA)	12.4	18.6	16.6	16
Sinovel (China)	9.2	5.0	3.4	-
Enercon (Alemania)	8.5	10.0	14.0	15
Goldwing (China)	7.2	4.0	4.2	3
Gamesa (España)	6.7	12.0	15.4	16
Dongfang (China)	6.5	-	-	-
Suzlon (India)	6.4	9.0	10.5	8
Siemens Wind (Alemania)	5.9	6.9	7.1	7
REpower (Alemania)	3.4	-	3.4	3
Otras	21.3	17.6	10.5	5
Acciona (España)	-	4.6	4.4	3
Nordex (Alemania)	-	3.8	3.4	3

Fuente: BTM, 2008 y 2010.

Los operadores pueden pertenecer a grandes grupos del ramo energético, o bien, son filiales de los fabricantes. Los nombres más importantes a nivel internacional con una capacidad acumulada mayor de 1000

MW son: Iberdrola, FPL, Acciona Windower, Babcock Brown Windpartner, Scottish Power, Endesa, Eurus Energy Holding y EDP Elictricidade de Portugal (Tabla 7).

<b>Tabla 7.-Principales operadores eólicos 2006</b>		
<b>Ranking</b>	<b>Operador</b>	<b>Capacidad acumulada</b>
1	Iberdrola (España)	4434
2	Fpl (EUA)	4300
3	Acciona Windpower (España)	3133
4	Babcock Brown Windpartner (Australia)	1631
5	Scottish Power/PpM (Reino Unido)	1593
6	Endesa (España)	1500
7	Eurus Energy Holding (Japón)	1324
8	EDP Electricidade de Portugal (Portugal)	1010
9	Shell Renewable (Países Bajos)	849
10	Essent/Nucon (Países Bajos)	840
11	Horizon (EUA)	824
12	Edf Energies Nouveles (Francia)	790
13	Dong Energy (Dinamarca)	724
14	ENEL (Italia)	600
15	Vattenfall (Suecia)	534
	Total MW	24086

Fuente: BTM, 2007.

El costo de operación y mantenimiento (O&M) de las turbinas eólicas difiere de acuerdo con el lugar de localización, la edad de la turbina y su sofisticación. Un ejemplo de proyecto examinado recientemente en EUA sugiere que asciende a US\$22/MWh si el proyecto fue construido a partir del año 2000. Asimismo, según estimaciones de la AIE, el costo anual O&M de grandes parques eólicos onshore en 2006, incluyendo seguro, mantenimiento regular, sustitución de partes, reparación y administración fue de entre 14 y 16 dólares por MWh, incrementándose considerablemente si se trata de turbinas offshore. En 2008, la O&M se ubicó en 8-22 dólares en los proyectos onshore y en 21-48 dólares por MW en los offshore (IEA, 2009b).

### 2.4.3 Costos de investigación

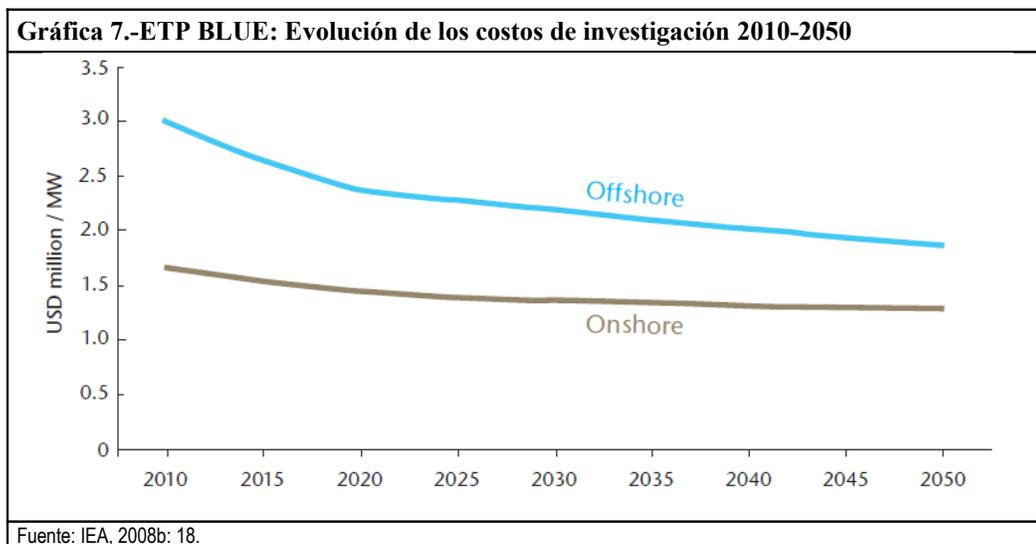
A finales de la década de 1980, el costo de investigación experimentó una declinación constante, sin embargo, en 2004 se duplicaron, particularmente en EUA como resultado del incremento de los precios en las materias primas (acero y cobre), constriñendo la oferta de turbinas y sus componentes (caja multiplicadora de engranes, palas, valeros, torres).

En el presente, la recesión ha influido negativamente en el mercado eólico, por lo que la inversión en investigación y manufactura se ha estancado, situación reflejada en el aumento de los costos. A pesar de ello, la

investigación en ER alcanzó US\$50.2 bn en 2007, de los cuales US\$11.3 bn fueron directamente a la eólica.<sup>42</sup>

En 2008, los costos de investigación<sup>43</sup> variaron dependiendo del país y del proyecto, pero en términos generales se invirtieron US\$52 bn. Suiza inyectó importantes recursos a la investigación (1.7 mdd/MW)<sup>44</sup>, a pesar de no tener antecedentes entre el 2003 y el 2006. Algo similar ocurrió con Irlanda que después de haber invertido poco menos de 1.5 mdd/MW en 2003 y 2004, después no invirtió nada y en 2007 más de 2.5 mdd/MW. Por otro lado, países como Dinamarca, Finlandia, Alemania, Japón, Holanda, Noruega, Suecia y EUA pararon su inversión en el 2007, la cual en algunos casos había sido constante a lo largo del periodo (IEA, 2008).

En promedio, los costos de investigación en los aerogeneradores onshore fueron del orden de 1.45 a 2.6 mdd/MW en Europa y Norteamérica, aunque en Japón fluctuaron entre 2.6 y 3.2 mdd y en China alrededor de un mdd/MW. Los parques marinos se colocaron por encima de los *onshore* con un costo de 3.1 a 4.7 mdd/MW, particularmente de 3.1 mdd/MW en el Reino Unido, de 4.7 mdd/MW en Alemania y Holanda (GWEC, 2008). En los proyectos offshore, la turbina corresponde al 50% del costo en investigación, comparada con el 75% en los onshore. No obstante, el costo de investigación en las offshore puede ser de más del doble que de los onshore.



Finalmente, alcanzar la meta de 12% eólico en el suministro energético de 2050, requiere la inversión de 3.2 trillones de dólares en investigación, siendo equivalente a la instalación de 47 GW en los próximos 40 años. Se estima que el costo de investigación se reducirá 23% en la tecnología onshore y 38% en la offshore hacia el 2050, pasando en el caso de la onshore de 1.7 mdd/MW en 2010 a 1.3 mdd/MW en 2050, y en la offshore de 3.0 mdd/MW a aproximadamente 1.8 mdd/MW, respectivamente (Gráfica 7). Más del 80% del costo de investigación

<sup>42</sup> Algunas de las empresas líderes a nivel mundial que más han invertido en la investigación en ER: Applied Materials (PV), BP (eólica y PV), General Electric (eólica y concentradores solares), Dupont (biocombustibles), Goldman Sachs (eólica y concentradores solares), Mitsubishi (eólica), Royal Dutch Shell (eólica, hidrógeno y PV), Sharp (PV) y Siemens (eólica). (NEF, 2008).

<sup>43</sup> Incluye turbinas, conexión a la red, infraestructura, etc.

<sup>44</sup> mdd = millones de dólares

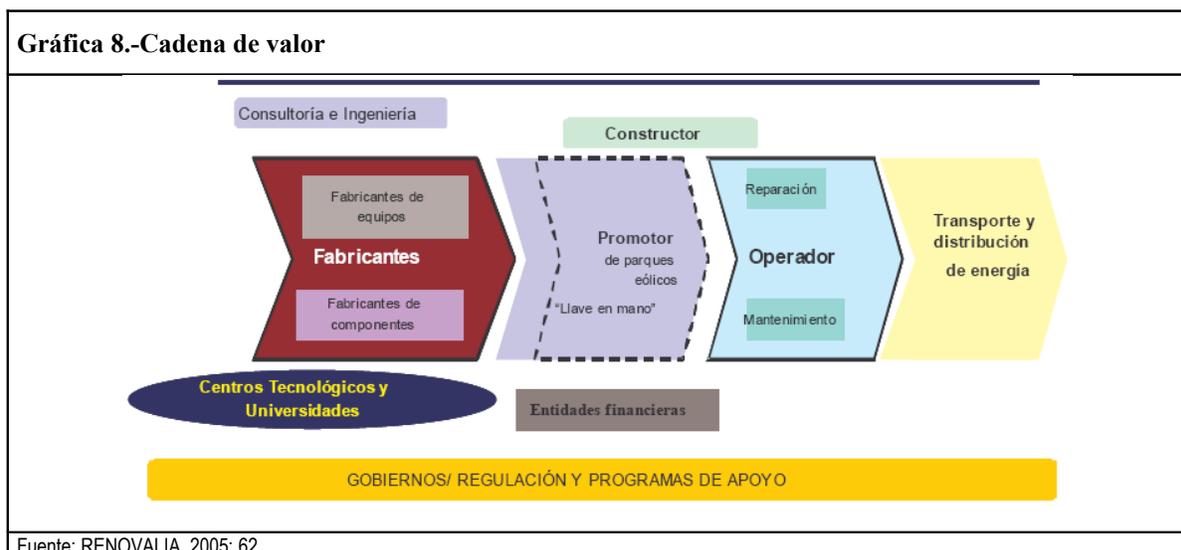
en 2050 será asumida por China (31%), OCDE Europa (21%), Norteamérica (14%), Latinoamérica (8%) y OCDE Pacífico (8%).

#### 2.4.4 Cadena de valor y empleo

En la industria eólica se encuentran relacionadas varias actividades, entre las que se pueden mencionar las siguientes (RENOVALIA, 2005: 61) (Gráfica 8):

- *Fabricación de componentes y equipos eólicos.* Son empresas que producen piezas, subconjuntos y conjuntos de los equipos, así como aerogeneradores, turbinas y torres eólicas.
- *Promoción y explotación de parques.* Empresas dedicadas a la puesta en marcha de los aerogeneradores y sistemas para generar electricidad, incluidas empresas de operación y mantenimiento.
- *Construcción de parques.* Empresas dedicadas a la obra civil y puesta en marcha del parque.
- *Prestación de servicios.* Empresas de ingeniería civil y eléctrica, consultoría, financieras, gabinetes jurídicos y de otro tipo que ofrecen servicios en toda la cadena.
- *Distribuidor de la electricidad a través de la red eléctrica.*
- *Administración pública.* Gobiernos, legislación y programas de apoyo que participan en diversos momentos de un proyecto como son los trámites y permisos de construcción y explotación del recurso eólico.
- *Agentes científico-tecnológicos.* Centros tecnológicos, universidades, institutos, entre otros.

Como se observa, la industria eólica ofrece importantes oportunidades de participación a lo largo de su cadena de valor.



En 2008 se contabilizaron alrededor de 400,000 empleos en la industria, justamente el doble de 2007 (200,000), dos veces y media más que en 2006 (150,000), y en un futuro cercano el número podría ascender a un millón de empleos (GWEC 2008, 2007, 2006b).

En los países en desarrollo la energía eólica es atractiva como medio de abastecimiento eléctrico barato y flexible en comunidades dispersas y aisladas del sistema de la red. Su efecto sobre el desarrollo económico puede ser muy importante al proveer la energía necesaria en los servicios básicos: iluminación, funcionamiento de aparatos eléctricos, educación, comunicaciones, etc., cambiando la vida doméstica, las oportunidades educativas y la viabilidad de las pequeñas empresas.

## 2.5 Las políticas públicas en la penetración eólica

Lograr que la energía eólica suministre el 12% de la energía mundial de 2050, sustituyendo en cierta medida la provista actualmente por las fuentes dominantes y reduciendo los efectos negativos sobre el medioambiente y la sociedad, supone cambios importantes.

Desde el punto de vista de la economía ortodoxa, la ampliación de la capacidad eólica mundial depende del precio de los materiales y los procesos relacionados con dicha actividad. No obstante, la corriente institucionalista añade que “*el mecanismo principal de asignación de recursos no es, en abstracto, el mercado, sino las instituciones*” (AYALA, 1999: 27).

La capacidad de emprender y desarrollar políticas públicas está determinada por las instituciones, ya que son el marco social, económico y político de las acciones colectivas complejas. Generan un sistema de incentivos económicos y extraeconómicos capaces de alentar o desalentar la inversión, el ahorro, la innovación tecnológica y, en general, la aplicación y sostenimiento de las políticas públicas.

El término de “*política pública*” o “acción pública” empleado aquí se deriva del concepto inglés de “*public policy*”, referido a la administración gubernamental o a la conducción de los asuntos públicos; diferente de “*politics*” (política), definido como el “arte, doctrina y opinión sobre los asuntos que conciernen al gobierno y al Estado” (PINEDA, 2007: 2, 10).

Cuando se habla de instituciones lo primero en que se piensa es en organizaciones<sup>45</sup>, pues es evidente que sin organizaciones eficaces, transparentes y responsables, difícilmente un país puede integrar las demandas de la sociedad de energía más limpia y acceder a un mayor desarrollo en el sector eléctrico. Sin embargo, las instituciones no son sólo las organizaciones, sino “*el conjunto de reglas [formales o informales] que articulan y organizan las interacciones económicas, sociales y políticas entre los individuos y los grupos sociales. [...] Son*

<sup>45</sup> Las “organizaciones” públicas y privadas administran y aplican políticas y programas de acuerdo con reglas establecidas. Son las instancias en las que los individuos se relacionan y organizan para emprender acciones cooperativas y actuar como “actores colectivos” (KNIGHT, 1992: 3).

*construcciones históricas que, a lo largo de su evolución (origen, estabilización y cambio) los individuos erigen expresamente. Las instituciones en un país asumen características peculiares, de acuerdo con los rasgos estructurales dominantes de una determinada economía y sociedad, y por supuesto es importante la influencia de los valores, tradiciones culturales y religiosas y, en general, de las convenciones existentes” (AYALA, 1999: 27).*

Keohane (1986) agrega que las instituciones son un conjunto de principios, reglas, normas y procedimientos e indica que:

- Los principios son convicciones de hecho, causalidad y rectitud que definen los propósitos que se espera sus miembros persigan.
- Las normas son pautas de conducta definidas en términos de derechos y obligaciones.
- Las reglas son prescripciones o proscripciones específicas de acción.
- Los procedimientos decisionales son las prácticas que prevalecen para hacer y ejecutar elecciones colectivas.

En resumen, las instituciones y las organizaciones se encuentran en constante interdependencia y forman parte de la estructura de la sociedad, por lo que su comprensión puede explicar el éxito o fracaso, o bien, el crecimiento o estancamiento de un sistema socioeconómico, una industria, etc., pues determinan cómo se invierte, cuál es el nivel de innovación tecnológica y de educación, qué políticas se eligen y cómo se utilizan los factores de la producción. Por lo tanto, es preciso reflexionar sobre los cambios institucionales a realizar con el objeto de establecer los mecanismos adecuados a la implantación eoloeléctrica, contribuyendo a la mejora de las relaciones hombre-hombre y hombre-naturaleza.

### **2.5.1 Internalización de externalidades**

Cada vez más se reconoce que el mercado no está diseñado para maximizar objetivos ecológicos, por lo cual corresponde a los poderes públicos velar por ellos mediante la oportuna regulación. Esta última, puede definirse como una restricción legal promulgada en el marco de una ley gubernamental, apoyada en una amenaza de sanción o en ciertos incentivos.

*“La regulación busca producir resultados que de otra forma no ocurrirían o prevenir situaciones que de otra forma sí ocurrirían. Los ejemplos más comunes de regulación incluyen las regulaciones para controlar la entrada en un mercado, los precios, los efectos de la contaminación, los estándares de producción, entre otros” (SUSTAINLABOUR, 2008: 75).*

En este caso el resultado que se busca es ampliar el suministro de energía a través de la eólica, evitando la creciente dilapidación de combustibles fósiles, el incremento de la concentración de contaminantes en la atmósfera, específicamente los GEI, el riesgo económico de depender de fuentes energéticas en manos de un

pequeño grupo de países y con alta volatilidad en los precios.

Según Kapp (HEIDENREICH, 1998) la economía de mercado es «un sistema de costos no pagados», es decir, de «externalidades». Cuando las actividades económicas producen efectos externos, ya sea costos o beneficios que no pueden ser atribuidos o cobrados a su productor, se está ante una «externalidad». En el primer caso, se trata de una «externalidad negativa» y, en el segundo, una «externalidad positiva».

Particularmente, el fenómeno de las externalidades ambientales negativas se refiere a la utilización gratuita de los bienes y servicios de la naturaleza, que al estar infravalorados en el mercado son sometidos a la sobreexplotación, contaminación y despilfarro, pues carecen de un precio que refleje su escasez relativa y su verdadera utilidad social, lo cual supone un «fallo de mercado».

Derivado de lo anterior, se asume que las externalidades están ligadas a la existencia de «bienes públicos», caracterizados por la dificultad de excluir a quienes no pagan (condición de no exclusión) y la ausencia de efectos adversos al sumar consumidores adicionales (la condición de no rivalidad en el consumo).<sup>46</sup> Es decir, el que una persona más lo consuma no implica ningún costo adicional para el que lo produce y es imposible o muy costoso excluir a alguien de gozar de este bien, por lo tanto, genera incentivos de comportamiento oportunista, donde los bienes públicos no se producirán en niveles óptimos sin contribuciones obligatorias (STRETTON, 1994).

Por ejemplo, las emisiones de GEI son la externalidad negativa derivada de la producción energética mundial –entre otras actividades económicas- y el bien público es la atmósfera. El efecto negativo de estas externalidades sobre la atmósfera genera el fenómeno de cambio climático (mal público), que afecta a muchas personas e incluso países enteros simultáneamente (IBARRARÁN, 2004). El problema radica en determinar si las empresas productoras de energía tienen el derecho de usar a la atmósfera como un depósito de sus desperdicios, o si los habitantes del planeta Tierra (humanos, fauna, vegetación, etc.) tienen derecho a respirar un aire limpio. La resolución implicará fijar el «derecho de propiedad» sobre la atmósfera.

Los «derechos de propiedad» otorgan a una determinada persona, empresa o colectividad el derecho a controlar algunos activos y a cobrar por el uso de la propiedad (STIGLITZ, 2002:250). Puede entenderse entonces, que son las reglas establecidas en el sistema jurídico, las cuales definen quién es el propietario de un bien o recurso, la efectividad de estas reglas depende de las instituciones.

Generalmente, los derechos de propiedad sobre bienes públicos no están perfectamente definidos, sin embargo, los tribunales han reconocido estos «valores derivados de la existencia» y han tratado de precisar la naturaleza y cantidad que se puede obtener por daños y perjuicios. El Estado, en calidad de “fideicomisario” de

---

<sup>46</sup> Un ejemplo de este tipo de bienes es el alumbrado público, el que un individuo más lo use no implica que otro lo deja de usar (no rivalidad) y sería imposible excluir a alguien de los beneficios del alumbrado público (no exclusión) (IBARRARÁN, 2004).

los recursos naturales del país tiene derecho a presentar una demanda (Ibíd. 251).

Determinar en este caso en cuanto se estima el valor de los daños causados por el cambio climático y cuánto habría que pagar como compensación, representa una incertidumbre, ya que depende de los indicadores elegidos en su evaluación y de la visión de quién los realiza. Ejemplo, el estudio económico realizado por Stern (2007), calcula que el costo total del cambio climático equivaldrá a una pérdida anual permanente de 5% del PIB mundial –utilizando los modelos económicos formales-, pero si se toma un conjunto más amplio de riesgos y efectos, los daños estimados se elevan a 20% del PIB (op.cit.). Existen aspectos difíciles de valorar en términos pecuniarios, como el perder la posibilidad de apreciar un atardecer en una playa virgen, seguramente variara en razón de las diversas opiniones y la subjetividad del que realiza el estudio.

Desde el punto de vista económico, las «externalidades» pueden resolverse a partir de dos soluciones en el sector público (STIGLITZ, 2002:253-257):

a) **Instrumentos de mercado.**

- a. *Multas e impuestos.* Proporcionales a la cantidad de contaminación emitida. Siempre que hay una externalidad existe una diferencia entre el costo social y el privado, y entre el beneficio social y el privado. Las multas igualan los costos privados marginales y los costos sociales marginales, por una parte, y los beneficios privados marginales y los beneficios sociales marginales, mostrando al individuo o a la empresa los verdaderos costos y beneficios sociales de sus actos.
- b. *Subvenciones de reducción de la contaminación.* Si a una fábrica no se le imponen multas por contaminación tiene pocos incentivos para gastar dinero en su reducción; por ello, el Estado, en lugar de gravar la contaminación, podría subvencionar los gastos que se efectuaran en la reducción. Concediendo una subvención igual a la diferencia entre el beneficio social marginal de la reducción de la contaminación y el beneficio privado marginal de la empresa.
- c. *Permisos transferibles.* Las empresas obtienen un permiso con el objeto de emitir un determinado número de unidades de contaminantes. Como lo que le interesa al Estado es la cantidad total de reducción de la contaminación, permite que las empresas intercambien los permisos. Una empresa que reduzca sus emisiones a la mitad puede vender algunos de sus permisos a otras que quieran aumentar la producción y su emisión de contaminantes. En este sistema las empresas están dispuestas a vender permisos en la medida en que su precio de mercado sea mayor que el costo marginal de reducir su contaminación y a comprarlos en la medida en que el costo marginal de reducir su

contaminación sea mayor que el precio de mercado del permiso.<sup>47</sup>

- b) **Regulación directa.** Este sistema se fija en los niveles, prácticas y factores más que en los resultados. El Estado puede prohibir la utilización de ciertas clases de carbón o puede obligar a las empresas a emplear depuradoras u otros mecanismos de reducción de la contaminación. Estas normas se denominan «reglamentaciones sobre los factores».

Cada uno de los instrumentos antes mencionados tiene pros y contras, por ejemplo, las multas relacionadas con los costos dan los incentivos adecuados, pero puede haber más incertidumbre sobre el nivel efectivo de contaminación. La regulación genera menos incertidumbre y establece incentivos que obligan a cumplir las normas, pero no estimula la reducción de la contaminación más allá de lo exigido, independientemente de lo bajo que sea el costo de reducirla. Los permisos transferibles y las multas reducen eficientemente los niveles de contaminación, pero los permisos transferibles permiten tener más certeza sobre el nivel de contaminación aunque es difícil asignar los permisos inicialmente. Las subvenciones a la reducción de la contaminación y las multas por contaminar pueden inducir a reducir la contaminación, e incluso, lograr unos niveles eficientes de reducción, pero el nivel de producción de la industria contaminadora será demasiado alto, ya que ésta no tendrá en cuenta los costos, incluidos los de la reducción de la contaminación (*Ídem*).

## 2.5.2 Sistemas de tarifa y cuota

A pesar del mayor dinamismo en la investigación, desarrollo, comercialización y demanda de las ER en las últimas décadas, la realidad es que hoy en día continúan proveyendo un porcentaje reducido de energía dentro del sistema mundial, como resultado de obstáculos técnicos, económicos, financieros, etc.

En el caso de la energía eólica se pueden señalar brevemente algunos elementos que detienen su avance (URANGA, 2005; IEA, 2009b):

1. Información limitada y poco confiable sobre la disponibilidad y calidad del recurso en periodos largos, por lo que se incrementa el riesgo financiero, la prima del seguro y el pago de intereses, disminuyendo la rentabilidad del proyecto.

<sup>47</sup> Definiciones complementarias (PARKING, 2004):

- › *Costo privado de producción.* Es un costo que recae sobre el productor de un bien o servicio.
- › *Costo marginal.* Es el costo de producir una unidad adicional de un bien o servicio.
- › *Costo marginal privado.* Es el costo de producir una unidad adicional de un bien o servicio que recae sobre el productor de dicho bien o servicio.
- › *Costo externo.* Es el costo de producir un bien o servicio que no recae sobre el productor del mismo, sino sobre alguien más.
- › *Costo marginal externo.* Es el costo de producir una unidad adicional de un bien o servicio que recae sobre otras personas distintas del productor.
- › *Costo marginal social.* Es el costo marginal en que incurre la totalidad de la sociedad (tanto el productor como el resto de la sociedad y sobre las que recae el costo). Es la suma del costo marginal privado y el costo marginal externo.

2. Los lugares de potencial eólico –zonas rurales- carecen de las redes de transmisión eléctrica necesarias en la producción a gran escala de electricidad.
3. El desarrollo insuficiente de cadenas locales de suministro de financiamiento, refacciones y mano de obra calificada, obligan a la importación e incremento del costo y tiempo de entrega.
4. El plazo de 3 años en los contratos de compra de energía son insuficientes para asegurar que la energía generada podrá ser colocada durante el resto de la vida del proyecto eólico (20-25 años).
5. Las restricciones en la capacidad instalada, en ocasiones derivadas de cuestiones técnicas en el sistema eléctrico y, en otras, establecidas arbitrariamente.
6. Los impuestos a la inversión afectan la disponibilidad de recursos dirigidos a proyectos de ER con uso intensivo de capital.
7. Los costos aumentan debido a la falta de experiencia en la evaluación ambiental de estas tecnologías, el tiempo de espera en los trámites, etc.
8. La mayoría de los países omiten la inclusión de las externalidades<sup>48</sup> en la asignación de costos e incluyen jugosos subsidios a las tecnologías convencionales, lo cual reduce el margen de aprovechamiento y rentabilidad de los proyectos eoloeléctricos.
9. La preeminencia de la política energética sobre la ambiental se centra en la reducción de costos en el corto plazo, en lugar de cubrir y mejorar activos ambientales desde una perspectiva de largo plazo.
10. La carencia de núcleos técnicos y profesionales capacitados en la identificación, el diseño y la evaluación de proyectos, así como la gestión, el financiamiento y las cuestiones ambientales.
11. El rechazo social a la instalación de proyectos eólicos, debido a la forma en cómo se están desarrollando estos proyectos, por ejemplo el desalojo no negociado y pobremente resarcido de comunidades enteras.

De éstos, los de mayor importancia o incidencia sobre el resto serían que los precios de la energía no tomen en cuenta los impactos negativos ambientales y sociales asociados a las fuentes fósiles, tanto global como localmente, la existencia de monopolios energéticos favorecidos por subsidios gubernamentales que distorsionan el precio de la energía, fallos de mercado que infravaloran los beneficios de las ER desincentivando la inversión privada en investigación y desarrollo (I&D).

Ante esta situación, hay dos caminos en los cuales los mercados pueden ser reestructurados para asegurar que los servicios ambientales brindados por los proyectos eólicos entren al sistema de mercado más eficientemente (TURNER, 1994: 143):

1. Crear mercados donde se restrinja el acceso de los servicios contaminantes a través de cuotas.

---

<sup>48</sup> La conservación de los recursos fósiles y la estabilización de sus precios, el desarrollo de regiones pobres, el cuidado del medio ambiente o el desarrollo de cadenas productivas.

2. Modificar los mercados centralmente, estableciendo el valor de los servicios ambientales y asegurando que esos valores sean incorporados a los precios de los bienes y servicios (market-based incentives approach, o bien, direct regulatory approach command-and-control<sup>49</sup>).

Ejemplo internacional son los mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto y el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE, complementadas a nivel nacional con políticas de fijación de precios, de cuotas renovables o mecanismos de subastas; acuerdos de compra de energía estándar; incentivos financieros, incluyendo subvenciones, préstamos, créditos fiscales, y apoyos por emisiones evitadas de carbono; inversiones públicas; campañas de sensibilización del público, formación profesional; entre otras.

Las estrategias nacionales más extendidas son las siguientes (SUSTAINLABOUR, 2008: 76 y ss.):

1. Alemania, España y Dinamarca aplican un “*sistema de tarifas*” (feed-in tariffs). Consiste en asegurar la rentabilidad de las inversiones renovables a través de un precio regulado que retribuya la producción generada durante un periodo de tiempo determinado, es decir, por cada kWh que el productor inyecta en la red cobra una cantidad fijada administrativamente. La prima o complemento al precio es cubierto con impuestos a la energía o cargos adicionales por kW en la factura. La ventaja de este sistema es su certidumbre, ya que no depende de la asignación del mercado; sin embargo, si la prima es fijada por debajo de lo requerido desincentivará el desarrollo de la tecnología y, si es establecida por arriba se carga el sobre costo al consumidor final.
2. EUA, Reino Unido e Italia emplean el “*sistema de cuotas*”. Obliga a las empresas generadoras a producir un porcentaje definido de su matriz energética mediante el aprovechamiento de ER, el cual se acredita mediante “certificados verdes” intercambiables en el mercado de energía. La autoridad fija las multas a los comercializadores de energía que no cumplan la cuota establecida por la ley. Este tipo de régimen es relativamente nuevo y no está siendo muy efectivo, pues apoya tecnologías menos costosas en lugar de las intensivas en capital, p.e. la solar respecto a la eólica o la mini-hidráulica.<sup>50</sup>

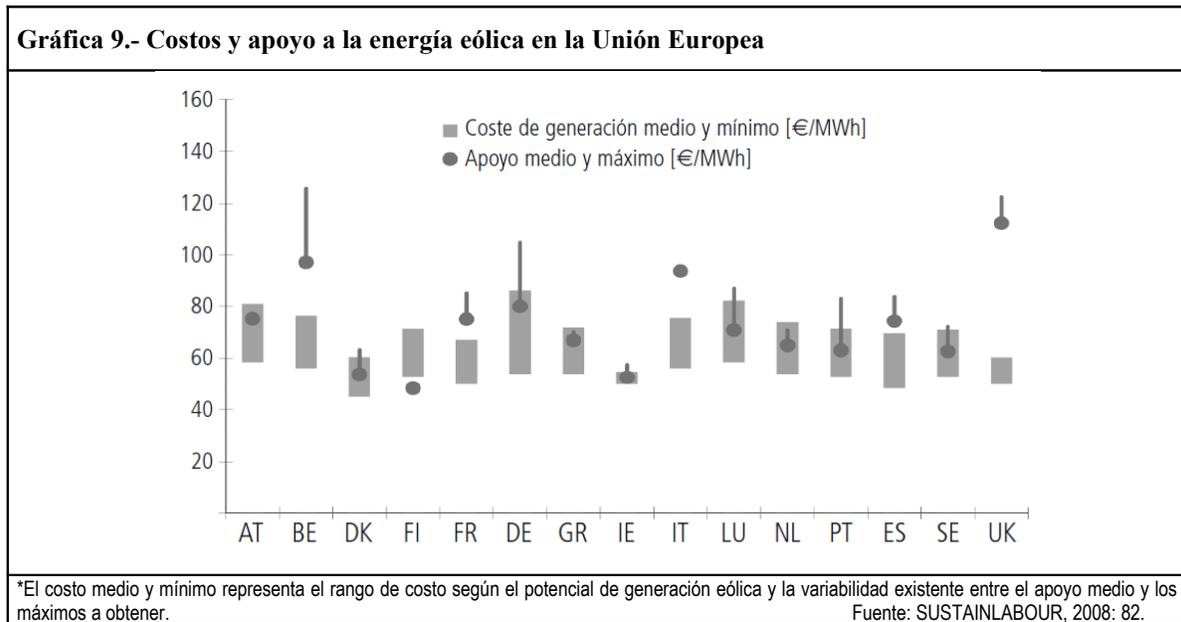
De acuerdo con un análisis comparativo de ambos sistemas realizado por la Comisión Europea (2006), existe consenso sobre la eficacia del sistema de primas sobre el de cuotas.<sup>51</sup> En el entorno europeo los países con eficacia superior a la media comunitaria (aproximadamente 3.5%) utilizan apoyos directos al precio como herramienta de promoción de la tecnología eólica (Austria, Dinamarca, Alemania, Países Bajos, Luxemburgo y España). Asimismo, las retribuciones son mayores en los países con sistema de certificados verdes negociables

<sup>49</sup> Obligan vía legislación sin la ayuda del mercado basado en incentivos

<sup>50</sup> En conjunción con los sistemas de cuota se ha introducido en Japón, Tailandia, Canadá y otros países la posibilidad de que los hogares y otros consumidores de energía vendan el exceso de electricidad renovable a la red a precios de mayorista.

<sup>51</sup> En el estudio se define la eficacia como la capacidad del marco regulador para generar un porcentaje adicional de renovables hacia el 2020.

respecto del sistema de tarifas, p. e. en Italia, Bélgica y Reino Unido el costo de generación eólica y su retribución tiene poca relación con el costo medio de generación (Gráfica 9).



En estos últimos años el marco institucional de varios países se ha modificado adoptando políticas y programas de promoción de ER. Egipto está promoviendo la energía eólica, Madagascar instituyó un programa dirigido a la hidráulica, Turquía estableció una ley de renovables en 2005, Uganda aprobó una política nacional de ER en 2006, Irán permitió la existencia de productores independientes de electricidad e India anunció una política de precios especiales en la generación de electricidad con ER incluyendo cuotas, tarifas preferenciales y directrices para pequeños generadores de electricidad (GWEC, 2008).

Finalmente, se debe subrayar que los sistemas de cuota y tarifas han sido acompañados con otras medidas como los créditos a bajo interés y sistemas de garantías (China, India, Indonesia, Sudáfrica y República Dominicana), los estándares técnicos de las tecnologías que son útiles en reducir los riesgos y atraer inversores<sup>52</sup>, la formación de mano de obra competente para la manufactura, instalación y mantenimiento de los sistemas de ER (Austria, Alemania e India tienen los programas de formación más exitosos) (SUSTAINLABOUR, 2008).

Algunas experiencias específicas se abordan en el capítulo sexto, ya que explican la adopción y expansión eólica en el espacio local, así como la creación de industrias eólicas nacionales.

<sup>52</sup> En Alemania a partir de 1979 los requisitos de calidad y certificación han prevenido muchos problemas de control que se experimentaban en California o India. En España, el nuevo código de la edificación obliga a los nuevos edificios no residenciales a generar una porción de su energía con solar fotovoltaica.

## 2.6 Conclusión

La eoloelectrica aporta 1.3% de la energía mundial y podría ser capaz de suministrar el 12% en 2050, atenuando el impacto negativo del sistema sobre el medioambiente al contribuir a la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno), consumo de agua, dilapidación de combustibles fósiles, entre otros.

El carácter de esta misión ha incitado la I&D tecnológico eoloelectrico, pasando de una potencia de 65 kW en 1965 a 3.0 MW en la actualidad, causando una baja del costo de los aerogeneradores, O&M y nuevas adiciones en EUA, China, India, Alemania y España.

A pesar del progreso logrado por la eólica y otras ER, éstas continúan aportando un reducido porcentaje al suministro de energía mundial, ya que deben competir con las fuentes convencionales en desigualdad de condiciones, debido a que los gobiernos subsidian a las tecnologías más contaminantes y desestiman los beneficios asociados a las ER, lo cual desincentiva la inversión privada en I&D en energía limpia.

La permanencia de los errores antes señalados podría echar por tierra las proyecciones sobre el incremento de la contribución eólica. Su corrección implica establecer marcos institucionales adecuados tendientes a eliminar los costos no pagados de la producción energética y a estimular un sector limpio vía multas, impuestos, subvenciones, exenciones fiscales, créditos blandos, políticas de fijación de precios, acuerdos de compras, etc., emulando acciones de los países más exitosos en la materia, tal y como están haciendo China e India que recientemente se han posicionado en el mercado eólico.

Por el momento, los esquemas de acceso al mercado de las ER más usuales son el sistema de tarifas y el sistema de cuotas. Cada uno cuenta con sus especificidades, pero en términos generales, puede decirse que el primero es más exitoso por la certidumbre que crea a su alrededor, lo que proporciona confianza a las empresas para continuar invirtiendo no sólo en más granjas eólicas, sino también en I&D.

### 3. La energía eólica en México

**Objetivo:**

Describir el marco institucional en el que se insertan las energías renovables en México y, por ende, la energía eólica.

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se relatan sucintamente las diversas modificaciones experimentadas en el sistema eléctrico desde sus inicios hasta la época actual, constituido por dos ámbitos el servicio público perteneciente al área gubernamental y las actividades reguladas o privadas. Además, se exponen los instrumentos de política aplicados para alcanzar las metas de crecimiento de las ER planteadas rumbo al 2012 y se ofrece una semblanza de los programas concretos de apoyo. Finalmente, se presenta la estructura de producción eléctrica actual, destacando el papel de la energía eólica.

El abanico de acción de las ER no se reduce únicamente a la producción de energía eléctrica, sin embargo, es un nicho de amplio potencial en un momento en el que a nivel mundial se discute la viabilidad del sistema energético dominante.

El debate está centrado en la necesidad de sustituir paulatinamente la producción actual de energía a través de tecnologías autóctonas que reduzcan la dependencia creciente de los combustibles fósiles. En este sentido, la producción de electricidad en pequeña, mediana y gran escala a partir de recursos eólicos adquiere renovada importancia internacional y se cristaliza en la proliferación de leyes nacionales, programas, acuerdos regionales, entre otros.

México pertenece al grupo de países que adecuó las regulaciones de su sistema eléctrico con el fin de permitir la participación de la iniciativa privada y aprovechar los recursos energéticos renovables presentes en el territorio nacional, todo ello derivado de un clima favorable a la inversión encargada de asegurar el suministro energético mundial futuro, es decir, centrada en explotar las fuentes de energía disponibles, sean convencionales, no convencionales o renovables. Aquí solamente se abordan los aspectos relacionados directamente con las ER, excluyendo a los bioenergéticos, pues cuentan con un tratamiento particular en la regulación mexicana.

#### 3.2 La dualidad en el sistema eléctrico

El sector eléctrico nacional ha pasado por diversos tipos de organización. Nació de la mano de las empresas privadas hasta su nacionalización, cuando se deposita exclusivamente en el Estado. Actualmente, sus actividades están divididas en dos áreas principales, las reservadas al servicio público y las pertenecientes a la participación privada, lo cual tiene implicaciones precisas en la producción, distribución, transmisión y

comercialización de la energía eléctrica en el país.

### 3.2.1 Antecedentes

La generación de energía eléctrica en México inició a finales del siglo XIX, con el objetivo de cubrir las necesidades de las fábricas de textiles y la producción minera, posteriormente el servicio se extendió hacia las zonas urbanas de mayor capacidad económica.

En sus inicios el sector eléctrico fue impulsado por capital nacional, posteriormente la inversión extranjera lo acaparó, consolidando monopolios regionales que controlaban producción, transmisión y comercialización de electricidad. Aunque el régimen de Porfirio Díaz otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público<sup>53</sup>, en los hechos la producción fue concentrada en manos de empresas privadas mediante concesiones (OVALLE, 2007).

A principios del siglo XX, el país contaba con una capacidad de 50 MW y el 80% de esa electricidad era generada por la canadiense The Mexican Light and Power Company. En 1937, México tenía 18.3 millones de habitantes y sólo 7 millones (38%) contaban con servicio de energía eléctrica, la oferta no satisfacía la demanda, las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas. Las empresas privadas se enfocaban en los mercados urbanos más redituables, sin contemplar en sus planes de expansión a las poblaciones rurales (62% de la población) (CFE, 2008).

Esta situación incentivó la formación de un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica sin fines de lucro y en beneficio del interés general, conducido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)<sup>54</sup> (PRESIDENCIA, 1999). Los primeros proyectos se realizaron en Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Sonora. En 1938, la CFE tenía una capacidad de 64 kW y en 1946 era de 45,594 kW. En 1960 habían instalados 2,308 MW de capacidad que cubrían 56% de la población: la CFE aportaba 54%, la Mexican Light 25%, la American and Foreign 12% y el resto de las compañías 9%. El cambio en la distribución porcentual se debió al reducido interés de las empresas particulares en invertir en mercados de baja ganancia, lo cual reforzó la idea de nacionalizar el sector y comenzar la integración del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (CFE, 2008).<sup>55</sup>

El proceso de nacionalización (1960) concibió al suministro de energía eléctrica como un servicio público estratégico que no debía ser prestado por compañías extranjeras.<sup>56</sup> El gobierno adquirió las acciones de las

<sup>53</sup> Destinado primordialmente a satisfacer las necesidades de la comunidad o sociedad donde estos se llevan a cabo.

<sup>54</sup> Se decreta en 1933, pero entra en operaciones hasta 1937 (CFE, 2008).

<sup>55</sup> Esto implicó la normalización de voltajes y tensión, con la finalidad de estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado. La existencia de una gran variedad dificultaba el suministro de electricidad a todo el país, por lo que CFE definió y unificó los criterios técnicos y económicos del SEN. Luego, unificó la frecuencia a 60 hertz e integró los sistemas de transmisión, en el Sistema Interconectado Nacional (CFE, 2008).

<sup>56</sup> El texto del artículo 27 constitucional estableció que: "...Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines..." (GONZÁLEZ, 1999).

empresas eléctricas privadas y trasladó el control a la CFE, permitiendo consolidar proyectos de gran escala financiados por el sector público y el apoyo de la banca internacional de desarrollo.

En 1992, derivado del capítulo VI sobre energía y petroquímica básica del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)<sup>57</sup>, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) fue reformada, permitiendo la participación privada en la generación y transmisión de electricidad, estableciendo 6 modalidades reguladas y excluidas del servicio público a cargo del Estado (CFE y Luz y Fuerza del Centro) (LOPEZ-VELARDE, 2006: 104).

Las razones oficiales –ampliamente cuestionadas por algunos sectores de la opinión pública nacional–, fueron la incapacidad del sector público para financiar el aumento de la capacidad de generación, la modernización y la ampliación de los sistemas de transmisión y distribución existentes. No obstante, la reforma buscaba adherirse a las pautas internacionales dedicadas a asegurar el acceso de los países consumidores a las reservas energéticas disponibles, debilitando el control nacional de los países petroleros.

La publicación de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y los programas de acción conexos, reflejan también la tendencia hacia la privatización del sector, ya que forman parte de los intentos por proporcionar a la iniciativa privada mayores oportunidades de inversión y en los flujos de capital dirigidos a combatir o lucrar con el cambio climático.

### 3.2.2 El servicio público y las actividades reguladas

El sector energético se encuentra dividido en dos ámbitos regulados por la LSPEE y su reglamento (RLSPEE) (DOF, 1993).<sup>58</sup>

1. *El servicio público.* La generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad destinada a dicho servicio esta reservada al gobierno federal, quien ejerce su exclusividad a través de CFE. Le corresponde la planeación, ejecución, operación y mantenimiento de todas las obras, instalaciones y trabajos relacionados con el SEN (Art. 4).
2. *Las actividades reguladas.* Son las pertenecientes a la iniciativa privada tales como la generación de energía eléctrica para vender a la CFE, autoabastecerse o exportar, así como la importación de energía eléctrica exclusivamente de autoconsumo (art. 72). Se llaman reguladas porque requieren de la autorización de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).<sup>59</sup>

<sup>57</sup> Realizado entre México-EUA-Canadá. En el anexo 602.3: Reservas y disposiciones especiales, se establece que las Partes podrán invertir en el sector eléctrico bajo las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración y producción independiente. Estas se definen tal como aparecieron después en la LSPEE (SICE, 2008).

<sup>58</sup> El reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) del 31 de mayo de 1993, tiene por objeto reglamentar las actividades que no constituyen el servicio público.

<sup>59</sup> No se requiere autorización de la CRE en el caso del autoabastecimiento no mayor de 0.5MW, ni para el funcionamiento de plantas generadoras de emergencia (art. 89 del Reglamento de la LSPEE).

A continuación se describen detalladamente las seis modalidades pertenecientes a las actividades reguladas (DOF, 2001: 34-37):

### **3.2.2.1. Producción independiente**

La producción total de energía del Productor Independiente de Energía (PIE) es vendida a la CFE o dedicada a la exportación y proviene de una planta con capacidad mayor a 30MW (art. 108). Participa en la generación destinada al servicio público mediante licitación.

La Secretaría de Energía (SENER) basándose en la prospectiva del sector eléctrico –elaborada por CFE-, decide los proyectos que serán ejecutados por ésta y cuáles estarán a cargo de los privados, en este último caso convoca a una licitación estableciendo el contenido técnico preciso (tecnología, diseño, ingeniería, construcción y ubicación de instalaciones) (sección XII, DOF, 2001).<sup>60</sup>

Teóricamente los proyectos de los PIE tienen correspondencia con los incluidos en la planeación de la CFE (art. 108-110, RLSPEE), pues los contratos adjudicados mediante licitación están diseñados de forma tal que su tecnología, ingeniería, construcción, operación y ubicación es predeterminado por la ésta, incluso, si la operación de la planta requiere del suministro de gas, CFE negocia directamente las necesidades con PEMEX-GAS y Petroquímica Básica (operador subsidiario de Petróleos Mexicanos-PEMEX). Sin embargo, en los hechos los PIE pueden agregar carga, proponer sobre la construcción, talla de la planta, sitio de colocación, los puntos de interconexión y hasta negociar su propio suministro de gas, siempre y cuando la CRE otorgue el permiso respectivo.<sup>61</sup>

### **3.2.2.2. Autoabastecimiento**

El autoabastecedor satisface las necesidades de un conjunto de copropietarios o socios (art. 101-102). Le está prohibido entregar electricidad a terceras personas físicas o morales no incluidas en el proyecto original, excepto cuando se autorice la cesión de derechos, se modifique oficialmente el proyecto o se pongan los excedentes a disposición de la CFE (art. 36- DOF, 1993).

---

<sup>60</sup> Si no se cuenta con recursos presupuestarios para realizar el proyecto o si la CFE no acredita que el proyecto a ejecutar por ésta cumple con la condición relativa al costo económico total de largo plazo de la energía eléctrica (art. 125).

<sup>61</sup> Las plantas de Intergen (645 MW) e Iberdrola (740 MW) fueron construidas con una capacidad mayor a la requerida por CFE (400 y 495 MW respectivamente). Aproximadamente, 24 proyectos han sido modificados, aumentando su capacidad y los excedentes se exportaron exitosamente (LOPEZ-VELARDE, 2006: 106).

### **3.2.2.3. Cogeneración**

Comprende (art. 103):

- a) La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas;
- b) la producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, o
- c) la producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

Los permisos solamente pueden ser aprovechados, siempre y cuando la electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración y sus excedentes de electricidad se pongan a disposición de la CFE (art. 103-107).

### **3.2.2.4. Pequeña producción**

Puede vender su producción a CFE (no más de 30 MW), destinarse al abastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas carentes del servicio de electricidad, aunque no puede exceder 1 MW de capacidad o 30 MW si es para exportación (art. 111-116).

El permisionario no puede ser titular en una misma área de producción<sup>62</sup> de varios proyectos que sumados excedan 30MW de potencia. Cuando se trata de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas, los solicitantes deben constituir cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebrar convenios de cooperación solidaria para el propósito de autoabastecimiento (art. 113).

### **3.2.2.5. Exportación**

Es la producción derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción destinada al exterior. La energía no puede ser enajenada dentro del territorio nacional salvo que se obtenga un permiso de la CRE (art. 118). Para su operación debe celebrar contratos de interconexión y transmisión con la CFE.

### **3.2.2.6. Importación**

La energía adquirida en el exterior por personas físicas o morales con el objetivo de cubrir el abastecimiento de usos propios. Se encuentra sujeta al pago de aranceles de importación vigentes (art. 122) y requiere de contratos de interconexión y transmisión con CFE.

---

<sup>62</sup> El área es determinada por la SENER. Considera los energéticos utilizados para generar la electricidad y la infraestructura de la CFE para conocer la viabilidad de la interconexión al SEN, etc. (art. 112)

### 3.2.3 Transmisión, distribución y comercialización

La participación de la iniciativa privada en el servicio público está limitada básicamente al área de generación de energía, veamos por qué.

#### a) *Transmisión*

Consiste en la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación hasta los puntos de entrega para su distribución.

La producción conectada a la red o la importación de energía requiere forzosamente de líneas de transmisión, las cuales son controladas por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), órgano semi-independiente de la CFE. Esto significa que el servicio de transmisión está en manos de ésta última, aunque los modelos de contrato son provistos por la CRE y las tarifas establecidas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHyCP), asegurando el servicio a los permisionarios en condiciones favorables.

Cuando las instalaciones de transmisión existentes son insuficientes o inexistentes, la CFE puede convenir con el solicitante la construcción de la infraestructura necesaria, dividiendo el costo de la inversión según acuerdo entre las partes; o bien, los particulares pueden construir sus propias líneas de conducción eléctrica (art. 154-157). En estos casos, la construcción de líneas de transmisión debe obtener la autorización ambiental y municipal.

#### b) *Distribución*

Se trata de la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los usuarios. Bajo la ley mexicana están prohibidas las redes de distribución privadas, excepto en el caso del autoconsumo y proyectos de cogeneración, pues estos esquemas no forman parte del servicio público y la entrega de energía se realiza mediante un contrato entre las partes.

#### c) *Comercialización*

En estricto sentido solamente CFE tiene permitido vender electricidad al servicio público (art. 43) (DOF, 2001). Las tarifas destinadas a este efecto son acordadas entre CFE, SENER, SHyCP y la SE, pero el precio de la energía proporcionada por el suministro privado no está regulado, se negocia libremente entre las partes.

CFE tiene la posibilidad de adquirir energía eléctrica mediante convenios con los titulares de permisos de generación de acuerdo a lo siguiente (art. 135, DOF, 2001):

1. Con los adjudicatarios de las licitaciones en los que se pacten compromisos de capacidad.
2. Con los permisionarios de autoabastecimiento y cogeneración:
  - Autoabastecimiento → Hasta por 20 MW cuando tengan una capacidad instalada total de 40 MW; y 50% de su capacidad total cuando tengan una capacidad instalada total superior a 40 MW.
  - Cogeneración → La totalidad de la producción excedente.

- El resto de los permisionarios → A través de contratos atendiendo las reglas de despacho.

La CFE únicamente se puede negar a convenir con los permisionarios cuando las condiciones que éstos ofrezcan no satisfagan los requisitos de menor costo, calidad y firmeza en las entregas, incumplan la Norma Oficial Mexicana (NOM) o cuando la prestación del servicio público de energía eléctrica no requiera de dichos excedentes (art. 36 bis, DOF, 1993).

### 3.3 Las políticas de introducción de las fuentes renovables

En estricto sentido, la reforma de 1993 permitió la participación privada en la producción eléctrica nacional, pero no alentó de manera especial el uso de las modernas ER, por lo que la presión nacional e internacional favoreció el diseño de instrumentos de apoyo, algunos aprobados en 2001 y otros de reciente publicación.

#### 3.3.1 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables

En 2005 se promovió en la Cámara de Diputados la iniciativa de Ley de Energías Renovables, pero quedó olvidada en la Cámara de Senadores. En 2008 bajo la reciente reforma energética se aprobó la *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética* y su *Reglamento* (2009), donde se declara el uso de las ER como de utilidad pública.<sup>63</sup>

Establece la formulación de una prospectiva de desarrollo de las ER; la dotación de recursos presupuestarios dedicados a la promoción del uso y aplicación de las mismas; la promoción de la I&D; la constitución del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, con el propósito de otorgar garantías de crédito y otros apoyos financieros (3,000 millones de pesos anuales entre 2009-2011); la elaboración del Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables; la obligación de expedir normas, directivas, metodologías y demás disposiciones que regulen la generación de electricidad a partir de ER; la realización de un inventario nacional de ER que proporcione información sobre su potencial; la evaluación sobre los beneficios económicos netos estimando el ahorro generado al SEN y los beneficios en las comunidades sin acceso a la red; la evaluación de externalidades asociadas; la convocatoria a licitación de adiciones al servicio público con ER, entre otras (DOF, 2008; DOF, 2009).

Se deja en manos de las Secretarías de Energía y Economía la creación del Consejo Consultivo de las Energías Renovables<sup>64</sup>, la definición de las políticas y las medidas de fomento de las ER. Se responsabiliza a la CRE de expedir las normas, directivas, metodologías y disposiciones de carácter administrativo necesarias y, en

<sup>63</sup> La ley identifica como ER: a) El viento; b) La radiación solar, en todas sus formas; c) El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales; d) La energía oceánica (mareomotriz, mareotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal); e) El calor de los yacimientos geotérmicos; f) Los bioenergéticos; y g) Aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría, pero excluye expresamente las energías nuclear, hidráulica mayor a 30 MW, residuos industriales de cualquier tipo cuando sean incinerados o reciban algún tratamiento térmico y los rellenos sanitarios que incumplan la normatividad ambiental (DOF, 2008).

conjunto con la SHyCP, establecer los instrumentos de regulación para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios que se presten entre sí la CFE y los permisionarios (DOF, 2009).

### 3.3.2 Contratos de interconexión a la red

El trato especial de las ER quedó volcado en los siguientes instrumentos (DOF, 2001<sup>64</sup>):

a) *Contrato de Interconexión para fuentes de energía renovable*

Es el mecanismo donde se establecen los términos y condiciones en la interconexión entre el SEN, la planta de ER y los centros de consumo. Permite realizar compensaciones de energía. La energía sobrante producida por los permisionarios en un mes determinado puede ser vendida al suministrador el mes que se generó o acumulada en el *Banco de Energía* de la CFE para su aprovechamiento o venta en los siguientes 12 meses. De esta forma, los usuarios ubicados en los puntos de carga pueden disponer de dicha energía de acuerdo con sus necesidades (SENER, 2009).

En 2006, el contrato se modificó con el objetivo de reconocer la Potencia Media Suministrada por el generador renovable en el cálculo de la Demanda Facturable en las horas de demanda máxima del sistema, que es cuando la energía cuesta más (DOF, 2006).

b) *Convenio del servicio de transmisión eléctrica para fuentes de energía renovable*

Establece las bases, procedimientos, términos y condiciones por las que el suministrador efectuará el cargo por el servicio de transmisión a los permisionarios. La facturación incluye el costo fijo y el costo variable por el uso de la Red, más el costo fijo por administración del Convenio. Los permisionarios con niveles de tensión menores a 69 kV no tienen que pagar el costo variable por el uso de la red (DOF, 2007).

c) *Convenio del servicio de transmisión eléctrica para fuente de energía solar en pequeña escala*

Es aplicable a todos los generadores solares con capacidad de hasta 30 kW que se interconectan a la red eléctrica del suministrador en tensiones inferiores a 1 kV y que no requieren hacer uso del sistema del suministrador para portear energía a sus cargas (SENER, 2007: 47).

---

<sup>64</sup> Se formará con representantes de la SENER, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), SE, SHyCP, SAGARPA, CONAE, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y CFE.

### 3.3.3 Depreciación acelerada

A partir del año 2004, la Ley del Impuesto Sobre la Renta (ISR) contempla la posibilidad de que los contribuyentes inviertan en maquinaria y equipo de generación de energía proveniente de fuentes renovables y deduzcan el 100% de la inversión en un solo ejercicio (SENER, 2009).<sup>65</sup> Obliga a que la maquinaria y el equipo adquirido se mantengan en operación durante un periodo mínimo de cinco años, con el fin de evitar la realización de inversiones encaminadas únicamente a reducir la base gravable del impuesto.

Las compañías grandes pueden deducir en poco tiempo su inversión, mientras los pequeños productores requieren varios años para lograr la depreciación, esto se refleja en los beneficios potenciales: US\$0.35 centavos en el caso de las compañías pequeñas y de US\$1.05 centavos en las grandes compañías (WB, 2006: 27).

### 3.3.4 Bonos de carbono

Los bonos son derechos que representan ingresos extra en un proyecto.<sup>66</sup> El Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR) es un fideicomiso encargado de apoyar técnica y financieramente el desarrollo y registro de proyectos de reducción de emisiones GEI ante el MDL de Naciones Unidas. Es administrado por BANCOMEXT, entidad que aporta a fondo perdido los US\$200,000 que cuesta llevar cada proyecto de 50,000 ton/a ante los calificadores. En promedio, un proyecto tarda 3.3 años desde que llega al FOMECAR hasta obtener su registro ante las Naciones Unidas, pues necesita de un estudio de viabilidad, la obtención de una opinión técnica y legal, la verificación y la certificación. Esto requiere acudir a calificadoras de EUA o Europa, ya que en Latinoamérica solo existe una en Colombia (cobran hasta US\$80,000 por el segundo trámite) (CHÁVEZ, 2011:8).<sup>67</sup>

Los proyectos también se pueden ingresar al Climate Action Reserve (CAR) de California, que es un esquema similar al de los bonos de carbono MDL, pero con un costo menor en las certificaciones y un pago sensiblemente inferior por tonelada de CO<sub>2</sub> reducida. Por cada €10 que pagan los MDL, los CAR otorgan US\$4 (CHÁVEZ, 2011:10).

<sup>65</sup> Las deducciones por depreciación permiten al dueño tratar los costos de adquisición del activo como gastos deducibles de impuestos repartidos sobre el periodo durante el cual se utiliza el activo. Con el método acelerado se pagan menos impuestos en los primeros años de la vida del activo y más impuestos en los últimos (SCHALL, 1968: 56, 59).

<sup>66</sup> Los bonos son significativos en un proyecto de 50,000 ton/a si se multiplican por €14 el bono por tonelada, resultan €700,00 anuales durante 10 años (la vida del proyecto).

<sup>67</sup> Desde su creación en 2006, ha apoyado cinco proyectos: captura de biogás de residuos pecuarios (en Chihuahua y en Michoacán); generación de electricidad a partir del biogás en rellenos sanitarios en México y el parque eólico de La Rumorosa, Baja California; y el programa de recuperación de crudo en pozos petroleros para un proveedor de PEMEX.

### 3.4 Los programas en materia de energías renovables

El movimiento a nivel nacional dado en favor de las ER cuenta con metas específicas a cumplir, por ejemplo, pasar de una capacidad instalada de 3.3% en 2008 a un 7.6% en el 2012, y de un porcentaje de generación eléctrica de 3.9% a un 6.6%, respectivamente (Tabla 8). Alcanzar estas metas implica armonizar no sólo las regulaciones, sino también adecuar los programas de acción existentes.

En el capítulo anterior se mencionó que existen dos áreas tecnológicas distintas en la producción eoloeléctrica en relación con la potencia que pueden producir. Por un lado, se encuentran los micro (30 kW) y pequeños aerogeneradores (menos de 100 kW), caracterizados por su versatilidad en usos domésticos aislados o de pequeña empresa (turismo rural, granjas, refugios, etc.); y por el otro, están los aerogeneradores medianos (entre 100 kW-1 MW) y las grandes instalaciones (más de 1 MW), los cuales figuran como una opción de producción eléctrica dirigida a alimentar una red nacional (AMDEE, 2008). Esta diferencia ha condicionado la creación de los programas gubernamentales.

<b>Tabla 8.-Metas 2012 en energías renovables</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Situación inicial 2008 (%)</b>	<b>Meta 2012 (%)</b>
Capacidad instalada	3.3	7.6
Eólica	0.15	4.34
Mini-hidráulica	0.65	0.77
Geotérmica	1.66	1.65
Biomasa y Biogás	0.86	0.85
Generación eléctrica	3.9	4.5 – 6.6
Eólica	0.9	1.74 – 2.91
Mini-hidráulica	0.64	0.36 – 0.61
Geotérmica	2.86	2.19 – 2.74
Biomasa y Biogás	0.33	0.19 – 0.32
Nota: Comprende el total de proyectos (servicio público y permisionarios), excepto proyectos de importación y exportación. Fuente: SENER, 2009: 26.		

#### 3.4.1 Electrificación de comunidades rurales

La cobertura del servicio de energía eléctrica en México es del 95%, se encuentra entre las más altas de América Latina, sin embargo, no es homogénea. En los estados con mayor rezago más del 10% de las viviendas carece de energía eléctrica (Veracruz 89.4%, Guerrero 89.3%, San Luis Potosí 88.5%, Chiapas 87.9% y Oaxaca 87.3%) y las comunidades rurales indígenas alcanzan 64% de cobertura (INCLAN, 2004:18-19).

El “Proyecto de Electrificación Rural con Energías Renovables” tiene el objetivo de dotar de dicho servicio a 50,000 viviendas ubicadas en este tipo de comunidades (aproximadamente 250,000 habitantes), dando prioridad a las ubicadas dentro de los 100 municipios más pobres del país (PRESIDENCIA, 2008).

Asimismo, busca proveer el servicio eléctrico fuera de la red empleando tecnologías renovables mediante

equipos individuales para generación de electricidad a partir del viento o el sol, pequeñas centrales hidroeléctricas conectadas a una mini-red, generación eléctrica basada en biogás o híbridos diesel (SENER, 2008); lo cual permitirá satisfacer necesidades de bombeo y purificación de agua, molienda de granos, refrigeración y conservación de comida, mejoramiento de actividades educativas, telefonía rural, alumbrado público, etc., coadyuvando a propiciar la inclusión social a través del mejoramiento de las condiciones de vida y el desarrollo de actividades productivas.

Los criterios de elegibilidad de las comunidades rurales son (PRESIDENCIA, 2008): tener entre 100 y 2,500 habitantes, estar alejadas de las redes eléctricas de distribución convencionales, no estar consideradas en los proyectos de expansión de la red de CFE o en proyectos patrocinados por dependencias federales y/o estatales, y contar con la aportación económica correspondiente del municipio.<sup>68</sup>

El Proyecto incluye una donación del Global Environment Facility (GEF) (15 mdd), un préstamo del Banco Mundial (15 mdd) y la aportación de gobiernos estatales y municipales (30 mdd) (PRESIDENCIA, 2008).

### **3.4.2 Vivienda sustentable e Hipoteca verde**

Está a cargo del Instituto Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, proporciona créditos con un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica. El propósito es transformar la concepción y prácticas de construcción de la vivienda de interés social en el país. Sus ejes principales son energía, agua y residuos sólidos.

### **3.4.3 Agronegocios**

El “Proyecto de Desarrollo Rural Sustentable para el Fomento de las Fuentes Alternas de Energía en los Agronegocios” está dirigido a las actividades relacionadas con la producción o suministro de bienes y servicios en la actividad agrícola, pecuaria, forestal y acuícola.<sup>69</sup> Contempla el uso de ER en combinación con tecnologías de reducción del consumo de combustibles fósiles, sustitución de equipos antiguos, prácticas de mayor eficiencia energética, así como la disminución de la contaminación del suelo y agua en beneficio de la conservación y mejoramiento del entorno ambiental. Los beneficiarios son los productores organizados en figuras asociativas y los agroempresarios integrados en organizaciones económicas o empresas legalmente constituidas.

Se espera que el proyecto impacte favorablemente a los pueblos indígenas y a las áreas con menor Índice de Desarrollo Humano, ya que el objetivo social es impulsar la participación de los productores medianos y

<sup>68</sup> La comunidad debe solicitar su participación en el proyecto a través de las delegaciones estatales: CFE, Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) o Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), dicha solicitud es sometida a consideración del Comité Técnico Estatal del Proyecto.

<sup>69</sup> Agronegocio es la actividad y conjunto de procesos que propician una eficiente inserción de los productores agropecuarios en las cadenas productivas, lo cual les permite generar empleos, agregar mayor valor a sus productos y apropiarse de una mayor proporción del precio que pagan los consumidores finales (SAGARPA y FIRCO, 2008:23).

pequeños, incrementar sus ingresos, diversificar las fuentes de empleo y fomentar el arraigo en el campo (FOMAGRO, 2008).

Los apoyos otorgados por este programa son aportaciones directas y para constituir garantías líquidas, los montos máximos pueden apreciarse en la Tabla 9. Las primeras están destinadas a financiar parcialmente las inversiones nuevas en la formulación de proyectos, la contratación de asistencia técnica y la instalación de infraestructura. Las garantías líquidas son recursos dirigidos a posibilitar la contratación de créditos, facilitando la incorporación de las empresas al crédito bancario.

<b>Tabla 9.- Apoyos al fomento de las ER en los agronegocios</b>			
		% máximo del monto total	Máximo del importe (pesos)
Aportaciones Directas	Formulación de planes de negocios, estudios y diseños, y gastos preoperativos	90	200,000
	Asistencia técnica y capacitación agroindustrial	80	200,000
	Infraestructura y equipamiento	50	4,000,000
Aportaciones para constituir garantías líquidas o fuentes alternas de pago	Capital de trabajo	80	1,000,000
	Inversión	70	2,500,000

Fuente: SAGARPA y FIRCO, 2008: 24.

#### 3.4.4 Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE)

El gobierno mexicano en colaboración con el GEF ha impulsado el PERGE con el propósito de diversificar el portafolio de fuentes de energía, contribuir a la reducción de GEI y ofrecer a los países Anexo I del Protocolo de Kyoto una cartera de proyectos rentables inscritos en el MDL que originen Certificados de Reducción de Emisiones (CER).

Apuntala proyectos interconectados a la red de 100 MW. Fue concebido en dos fases. La primera, cuenta con una inversión aprobada de 25 mdd, en la cual el GEF busca eliminar las barreras que impiden la formación de un mercado de ER, aunque centrado en la energía eólica (WB, 2006: 5-9):

1. Financiamiento (20.4 mdd). El fin es incentivar la producción eoloeléctrica de los PIE, otorgando un subsidio de US\$1.1 centavos/kWh durante los primeros 5 años de generación (se estiman 371.6 GWh promedio anuales). CFE comprará la energía a la tarifa vigente.
2. Asistencia técnica (4.27 mdd). El GEF proporcionara 3.9 mdd, el resto la CFE y el Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ). Los recursos serán dedicados a facilitar proyectos en las modalidades de autoabastecimiento y PIE, centrándose en la metodología de precios de referencia, modelos de despacho, protocolos de sistemas de permisos y venta de energía verde, monitoreo de recursos eólicos y plan regional a largo plazo del Istmo de Tehuantepec (regulación, impacto social, transmisión, desarrollo industrial, etc.).

3. Gastos de administración del proyecto (0.7 mdd). En apoyo a la SENER y Nacional Financiera (NAFIN) en la labor de monitoreo, evaluación y reporte de responsabilidades (formación de consultores permanentes y especializados).

La segunda fase dispone de 45 mdd destinados a subsidiar la producción eoloeléctrica de permisionarios de autoabastecimiento (400 MW), el cual podrá oscilar entre US\$1-1.5 centavos por kWh (SENER, 2007: 120).

### **3.5 La contribución de la energía eólica al suministro nacional**

El sistema energético mexicano es altamente dependiente de los combustibles fósiles. En 2008 la producción de energía primaria fue de 11,141.0 PJ (petajoules) y los hidrocarburos aportaron el 89.1%. De estos, el petróleo suministró 62.1%, es decir, 0.9 puntos porcentuales menos respecto de 2007 como resultado de la declinación de Cantarell. El gas natural participó con 26.2% (aumentó 12.7%) y los condensados 0.9% (SENER, 2009b: 22).

La electricidad directa cubrió el 5.4% de la producción primaria aumentando 23.5% respecto a 2007 (566.12 PJ), de ésta el 68.3% se obtuvo mediante hidroenergía, 18.8% con nucleenergía, 12.4% con geoenergía y el 0.5% con eoloenergía. La hidroenergía se incrementó 1.2 puntos porcentuales debido a la entrada de la central El Cajón en Nayarit (750 MW) y la eólica creció 3.1% por el inicio de operación de La Venta II (83 MW) (SENER, 2009b: 22).

La Tabla 10 muestra las tecnologías de generación eléctrica y la energía primaria consumida en su producción: 14.6 millones de toneladas de carbón, 244.7 mil metros cúbicos de diesel, 12.051 millones de metros cúbicos de combustóleo y 25,386 millones de metros cúbicos de gas natural. Se observa que en 2007, se generaron 235,913 GWh, con pérdidas en transmisión, distribución y usos propios que ascendieron a 50,322 GWh (21.33%), es decir, 3,586 GWh más que la electricidad generada mediante combustóleo.

La energía eólica solamente aportó 2,484 GWh, cantidad muy baja en comparación con otras fuentes, pero en su favor se debe señalar que los mecanismos de apoyo a las ER son muy recientes y el potencial energético muy grande (40,000 MW). En el Istmo de Tehuantepec se localizan 8,800 MW, en Baja California 274 MW, en la Península de Yucatán 509 MW y el resto repartido entre en el Altiplano Norte que va de la región central de Zacatecas hasta la frontera con EUA, en la Región Central desde Tlaxcala a Guanajuato y en todas las costas del país (Mapa 1) (TORRES, 2006: 23).

De cualquier forma, la eólica ha experimentado un rápido crecimiento en sus dos vertientes tecnológicas: electricidad y bombeo de agua (Tabla 11). La capacidad total instalada de aerogeneradores creció 97% respecto al año 2007, frente a un 3.8% experimentado entre el 2005-2006. Las aerobombas tuvieron un incremento del 0.3% y de 0.2% en el mismo periodo.

Concepto	Energía Primaria			Energía Eléctrica	
		U	PJ	GWh <sup>70</sup>	PJ
Carbón	14.6	Mton	314.264	31,329	112.784
Diesel	244.7	km <sup>3</sup>	8.352	686	2.470
Combustóleo	12051.4	km <sup>3</sup>	475.348	46,736	168.250
Gas Natural	25386.3	Mm <sup>3</sup>	860.927	108,687	391.272
Energía Fósil			1,658.891	187,438	674.776
Uranio (Nuclear)	34.8	ton	114.486	10421	37.516
Agua (Hidroeléctrica)			268.182	27042	97.351
Geotérmica			73.427	7404	26.654
Aire (Eólica)			2.459	2484	0.893
Energía Renovable			458.554	47,351	162.414
Importación				277	0.997
Auto Productores				847	3.049
Otros Generadores				1,124	4.046
Pérdidas TyD				-40,504	-145.814
Usos propios				-9,817	-35.341
Diferencias medición				-1.435	-5.166
Suma Pérdidas				-50,322	-186.321
Energía Disponible				185,591	654.915

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2008.

Tipo	Características	2005	2006	2007	2008
<b>Aerogeneradores (electricidad)</b>	Instalados por año (kW)	5	8	12	85000
	Total instalados (kW)	2452	2550	2562	87562
	Factor de capacidad medio (%)	40	40	40	40
	Generación (PJ)	0.321	0.322	0.323	1.104
<b>Aerobombas (papalotes de agua)</b>	Instalados por año (kW)	4	5	7	7
	Total instalados (kW)	2176	2181	2188	2195
	Factor de capacidad medio (%)	25	25	25	25
	Generación (PJ)	0.0172	0.0172	0.0172	0.0173

Fuente: SENER, 2009b: 116.

Los papalotes de agua se encuentran dispersos en el territorio, pues pertenecen a una aplicación de generación distribuida. Los aerogeneradores, por su parte, están aglutinándose en Oaxaca, de los 13 permisos aprobados por la CRE, diez son proyectos a realizar en Oaxaca con una inversión de US\$2,691,000 bn, dos en Baja California (620,000 mdd)<sup>71</sup>, uno en Nuevo León (35,000 mdd) y otro en Tamaulipas<sup>72</sup> (400,000 mdd).

<sup>70</sup> Una unidad Gigawatt-hora es igual a 1000 Megawatt-hora igual a un millón de kilowatt-hora.

<sup>71</sup> En 2009 inició la construcción de la planta eólica Rumorosa I (10 MW) en el municipio de Tecate. La Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado de Baja California adjudicó mediante licitación a Turbopower la construcción y el suministro de turbinas (26.1 mdd). En una segunda etapa se plantea la instalación de un parque de 100 MW (ENERGÍA HOY, 2009, 62:20)

<sup>72</sup> El parque eólico Los Vergeles a cargo de Grupo Solares en Energías Renovables (Gseer SOE), cubrirá las necesidades de 43 municipios, generará 161 MW con 77 aerogeneradores en 3,200 ha. Se necesita la construcción de 85 km de líneas de transmisión para conectar con la central de distribución de Matamoros y 15 más para que lleguen al usuario final (TORRES,

Esta concentración es resultado de los recursos eólicos, de la política energética nacional y de la participación activa de los gobiernos estatales. Los emplazamientos de Baja California tienen el objeto de ampliar la cobertura del servicio eléctrico en las zonas marginadas, el clima extremo y las actividades productivas exigen una fuerte dotación de electricidad, hasta el momento satisfecha con tarifas costosas por la ausencia de interconexión con la red eléctrica nacional.



### 3.6 Conclusión

En sus inicios el sector eléctrico fue acaparado por el capital privado nacional y extranjero, ofreciendo un servicio ineficiente, enfocado en los mercados más redituables y dejando a miles de comunidades en el atraso. El intento por acabar con dicha situación llevó a la organización de un SEN de utilidad pública que logró cubrir a más del 95% de la población nacional, un servicio eléctrico comparable con los mejores del mundo (pocas interrupciones, ordenado, tecnología de punta, etc.), esto sin desconocer los problemas sindicales y de corrupción.

A pesar de sus ventajas y en contra de experiencias negativas de privatización (p.e. el estado de California en EUA)<sup>73</sup>, hoy en día se está presenciando el desmembramiento del sistema público derivado de la reforma de 1993, dirigida a inducir la participación privada en la generación eléctrica, en sintonía con las pautas internacionales. La producción se ha entregado paulatinamente a empresas privadas en la modalidad de PIE

2010: 14).

<sup>73</sup> Se realizó la completa privatización del sector eléctrico, esto provocó la monopolización del servicio, altos precios de la electricidad, atraso tecnológico y, por último, apagones que conmocionaron a la población del dicho estado. En la ciudad de New York, NY, ocurrió algo parecido.

(aproximadamente el 50% de la energía destinada al servicio público en 2008), dedicando cuantiosas sumas de dinero del presupuesto de CFE a la compra de esta energía, mientras parte importante de su parque de generación está parado, incluyendo algunas plantas hidroeléctricas.

Asimismo, el hecho de que la ley asigne a la CFE la obligación de realizar la prospectiva del sector y la SENER decida si las adiciones serán efectuadas por la propia CFE o los permisionarios, y que éstos últimos ejecuten proyectos alejados de los señalados en la prospectiva (sean convencionales o renovables), deja en clara desventaja a la CFE sobre el control del sistema.

De igual forma, los programas y regulaciones que facilitan la introducción al sistema energético de las ER, contienen directrices que crean un nuevo nicho de negocios a la inversión privada, no sólo por la venta total de la producción o de excedentes al servicio público, sino también por el acceso a los flujos de capital nacional e internacional, ya sea vía subsidio o venta de bonos de carbono, lucrando con el cambio climático y la transición energética.

En las prospectivas oficiales de 2012 se espera contar con una capacidad instalada de ER de 7.6% en el sector eléctrico, donde destaca la eólica como la de mayor crecimiento y, precisamente, es donde se observa con mayor claridad la intención privatizadora, ya que el PERGE se dirige a subsidiar la producción privada.

Finalmente, se aprecia el interés del gobierno mexicano en impulsar la introducción de estas fuentes en la escala comercial y de forma mucho más débil aquellos proyectos donde las ER pueden jugar un papel social, por ejemplo para dotar de electricidad a las comunidades alejadas de la red, donde éstos podrían suponer la elevación de las condiciones de vida de la población beneficiada.

## 4. El Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec

### **Objetivo:**

*Exponer el proceso de formación del Corredor del Istmo de Tehuantepec como parte de una concepción energética nacional y regional, así como su impacto sobre la zona.*

### 4.1 Introducción

En este capítulo se relacionan las características geográficas del Corredor con sus recursos eólicos y éstos –a su vez- con la tecnología. Además, se detalla la conexión entre la cooperación energética con EUA, la Iniciativa Mesoamericana de Integración Energética y el aprovechamiento eólico como parte de una estrategia hemisférica de suministro energético. Asimismo, se expone la visión estatal sobre el vínculo del proyecto eólico y la ampliación de la cobertura eléctrica, la creación de una industria de componentes eólicos, el desarrollo tecnológico, entre otros. También, se describe el proceso de adición de infraestructura eléctrica en el área, la programación de plantas eólicas hasta el 2012 y las inconformidades de la población asociadas al Corredor.

Aunque México cuenta con potencial eólico en diversas partes de su territorio, la mayoría de los emplazamientos se están instalando en la parte oaxaqueña del Istmo de Tehuantepec, donde los vientos son favorables a la producción eléctrica comercial, no sólo por su fuerza sino también por su cercanía con los centros de consumo y el enlace con otros proyectos energéticos. La instalación de granjas eólicas comerciales ha suscitado movimientos sociales opositores a la privatización del SEN, la enajenación de tierras, la modificación del entorno natural y la monopolización de los beneficios económicos en unas cuantas transnacionales.

La producción eoloeléctrica es una de las más amigables ambientalmente (ver siguiente capítulo), pero aún se debe trabajar el aspecto de la inclusión social y la confianza en la transparencia de las autoridades respecto a proyectos de gran envergadura como este.

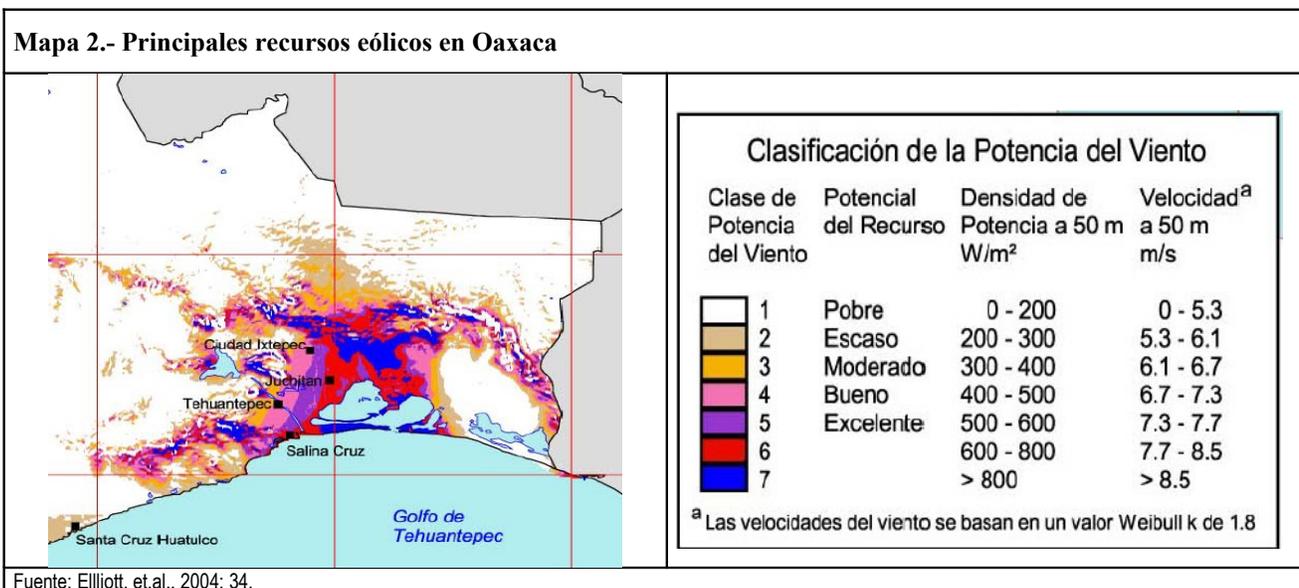
### 4.2 Ubicación geográfica y recursos eólicos

La región del Istmo de Tehuantepec se sitúa en la parte continental más estrecha del territorio entre el Golfo de México y el océano Pacífico. Incluye parte de los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Tabasco.

El Corredor Eólico se localiza en Oaxaca (Mapa 2), en la zona llamada La Ventosa, donde los vientos pueden alcanzar velocidades de hasta 69 m/s (216 km/h), relacionados con los Nortes o Tehuanos, los cuales afectan al país durante gran parte del año como resultado del viaje hacia el sur de los frentes fríos. De hecho, el Golfo de Tehuantepec por sus condiciones geográficas es una de las regiones generadoras de ciclones

tropicales.<sup>74</sup> Pese a ello, la entrada de ciclones en Oaxaca no es frecuente, los últimos eventos con trayectoria directa sobre el área donde se están instalando las plantas eólicas, entre las poblaciones de Salina Cruz y la región de las Lagunas Superior, Inferior y Mar Muerto, han sido el Huracán Rick con categoría 1 en 1997 y la Tormenta Tropical Rosa en 2000. La probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado en esa región es de 0.080% (tormenta tropical 0.043%, huracán 0.037%), lo cual es positivo en la generación eoloeléctrica pues hay pocas posibilidades de que los aerogeneradores sufran daños (INECOL, 2003).

Los municipios preferidos por las empresas en la localización de emplazamientos eólicos son: Juchitán de Zaragoza, Santo Domingo Ingenio, Santo Domingo Tehuantepec, Salina Cruz, Unión Hidalgo, Ciudad Ixtepec, San Mateo del Mar, San Dionisio del Mar y Santa María del Mar. Esta zona es influenciada por tres flujos eólicos predominantes, un viento de noreste a norte de octubre a febrero, un viento del este de marzo a mayo que alcanza valores de 10m/s a 1200 m (metros) sobre el nivel del mar y en el oeste de 8-10 m/s en elevaciones mayores de 2000-2400 m sobre el nivel del mar y un viento alisio débil de este a noreste en junio-septiembre con velocidades promedio de 6-7m/s que se extiende a 1500 m en el este (BORJA *et.al.*, 2005).



El Mapa 2 muestra las zonas y clasificación del potencial eólico. Las áreas clase 4 y mayores son las más adecuadas para aplicaciones comerciales, las aplicaciones rurales o fuera de la red requieren clase 2 o mayor.

El Istmo cuenta con un recurso eólico excelente de clase 5 y superior, particularmente en la parte sur, desde la costa hacia el norte (60 km) y de este a oeste (60-80 km). El recurso clase 7 ocurre cerca de las colinas, incluyendo La Mata, La Venta y La Ventosa, las cordilleras y la costa. El *Atlas eólico de Oaxaca*, indica la

<sup>74</sup> Las diferencias de temperatura y presión originan movimientos horizontales de aire en la atmósfera, provocando desplazamientos desde las zonas de mayor densidad (alta presión-anticiclónico) hacia las de menor densidad (baja presión-ciclónico). A mayor diferencia entre ambos, mayor velocidad del viento y mayor posibilidad de ciclones. Éstos se clasifican por la intensidad de sus vientos en depresión tropical, tormenta tropical (presión de 985-1004 mb, vientos de 62-118 km/h) y huracán (presión de 985 mb, vientos superiores a 118km/h) (ENCICLOPEDIA INTEROCEÁNICA, 2001: 31).

existencia de 8,870 km<sup>2</sup> de terreno con recurso moderado-excelente a 50 m, mientras 6,667km<sup>2</sup> son de clase buena-excelente a 50 m.

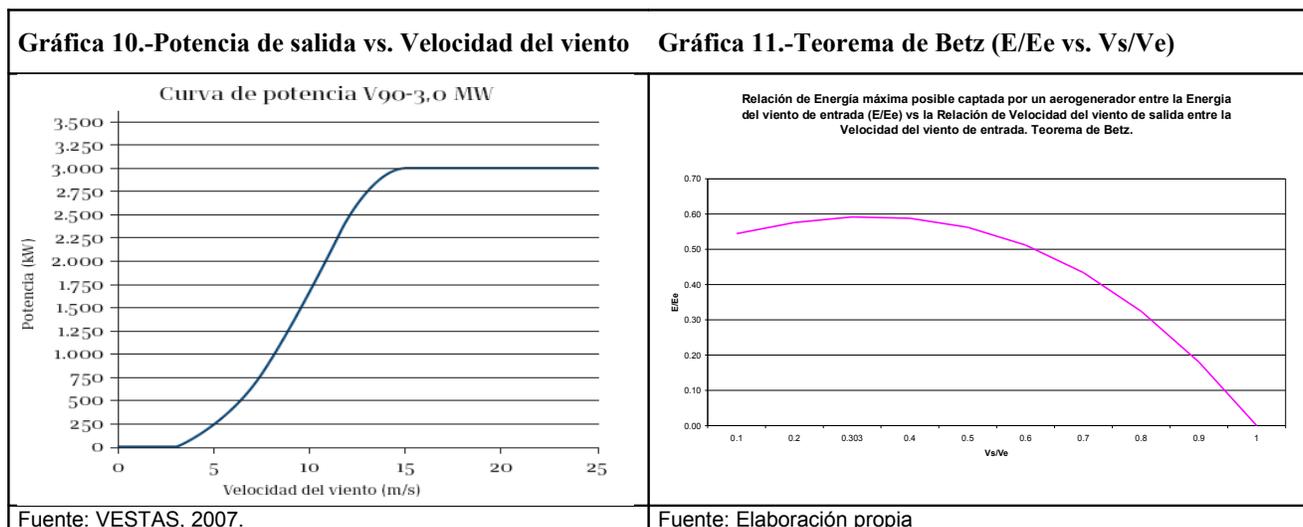
Un aerogenerador produce energía en base al cubo de la velocidad del viento (Gráfica 10).<sup>75</sup> De acuerdo con el teorema de Betz (Gráfica 11), la máxima energía que puede captar un aerogenerador (E) respecto a la energía del viento de entrada (Ee), ocurre cuando la velocidad del viento de salida (Vs) de la turbina en relación con la velocidad del viento de entrada (Ve) resulta:

$$V_s/V_e = 0.303 \text{ y entonces } E/E_e = (1/2) \cdot (1 - (V_s/V_e)^2) \cdot (1 + (V_s/V_e)) = 0.592592$$

Significa que la máxima eficiencia de una turbina eólica es de 59.25%, pero la eficiencia actual se ubica alrededor de 22.8%, lo cual anticipa mejoras tecnológicas en el futuro.

En la Tabla 12 se muestra la potencia producida por un aerogenerador a distintas densidades y velocidades de viento.<sup>76</sup> Éste funcionará a una potencia de 3,000 kW a velocidad de viento próxima a 15 m/s, si esta velocidad se mantiene durante una hora su producción será de 3,000 kWh, sin embargo el viento es una fuente intermitente y no se puede asegurar su disponibilidad.

El viento medio en La Venta es de 10 m/s promedio al año, por lo cual se pueden esperar factores de planta superiores al 50% ( $0.59 \cdot 0.98 = 0.579$ ). Según mediciones obtenidas en el parque eólico La Venta, la velocidad normal del viento en la zona es superior a 6 m/s, excepto algunos días de mayo y junio en que es menor y por encima de 15 m/s en noviembre, diciembre y enero.



<sup>75</sup> La tecnología actual permite generar con las siguientes eficiencias: en el generador 93-96%, en la transmisión mecánica de engranes de 3 pasos de multiplicación 92-93% y en el transformador 98-99%, donde la energía no entregada a la red es de 17%, aproximadamente.

<sup>76</sup> Basado en un aerogenerador de 4,705 hp, opera durante una hora para mover el generador 1,800 rpm (revoluciones por minuto). Considera las pérdidas en la transmisión, mecánica, la fricción en rodamientos, las pérdidas en el generador, el transformador y el consumo de energía en lubricación, enfriamiento, sistema hidráulico, etc.

<b>Tabla 12.-Potencia (kW) a la Velocidad del viento y Densidad del Aire</b>					
Velocidad del viento (m/s)	Densidad del aire (kg/m <sup>3</sup> )				
	1.18	1.21	1.225	1.24	1.27
4	72	75	77	78	81
6	339	348	353	358	368
8	852	875	886	898	921
10	1645	1688	1710	1732	1775
12	2454	2514	2544	2573	2628
14	2940	2958	2965	2971	2981
16	2999	2999	3000	3000	3000
18	3000	3000	3000	3000	3000
20	3000	3000	3000	3000	3000
22	3000	3000	3000	3000	3000
24	3000	3000	3000	3000	3000
25	3000	3000	3000	3000	3000

Nota: Valores a velocidad promedio del viento a la altura y paralelo al eje de la flecha de la hélice, durante 10 minutos. Kg/m<sup>3</sup>=Kilogramo por metro cúbico  
Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

### 4.3 La concepción política

El estudio de los recursos eólicos en la zona de La Ventosa inició en 1983 y dos décadas después el contexto internacional impulsa su aprovechamiento como opción en la reducción de la dependencia de los hidrocarburos, mitigación del cambio climático y ampliación de la cobertura eléctrica en comunidades aisladas y excluidas del desarrollo económico.

#### 4.3.1 Visión federal y regional: Integración energética

En el siglo XX el consumo de energía mundial experimentó un rápido crecimiento, posicionando el control de los recursos energéticos en el punto neurálgico de las relaciones internacionales y eje central de las políticas de los Estados y de las empresas transnacionales, cuyas estrategias fundamentales son la privatización del sector y la conformación de corredores energéticos regionales, interregionales, continentales e intercontinentales, expresados en infraestructuras *ad hoc*, por ejemplo líneas de transmisión, subestaciones, rutas marítimas, etc.<sup>77</sup>

En las regiones industrializadas la emergencia es garantizar el transporte de grandes cantidades de energía terminada como la electricidad y los refinados, mientras en los países del Sur la especialización está dirigida principalmente a facilitar la extracción de recursos naturales o a mejorar el tránsito de mercancías entre los centros industriales. Estas relaciones se han oficializado y profundizado bajo los llamados procesos de

<sup>77</sup> Osvaldo Martínez señala “el significado de la privatización de las empresas y la exaltación de lo privado (...) fue despojar a los estados de la capacidad para hacer política económica, regular con medios propios el funcionamiento de la economía, ofrecer al conjunto social los servicios públicos básicos (...) el avance de esa integración (...) equivale a una integración hacia fuera y una desintegración hacia adentro” (LOPEZ, 2007: 3).

integración<sup>78</sup> que de acuerdo a la región y al grado de desarrollo del capital culminan en una articulación de diferentes países y territorios, respondiendo a necesidades del mercado global y a intereses de los centros de poder en detrimento de los internos (LOPEZ, 2007: 2).

América Latina constituye un gran atractivo energético para EUA, por ello ha incluido el tema en diversas negociaciones bilaterales y multilaterales dentro del continente. En este trabajo se retoman dos expresiones con consecuencias sobre México y su producción eoloeléctrica: el Plan Puebla-Panamá (PPP)<sup>79</sup> y la Asociación para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte (ASPAN).

Ambos contemplan el área energética. Se trata del establecimiento de una visión geográfica y económica en donde se pretende concentrar los flujos de comercio actuales y potenciales, planificando la infraestructura en función de los negocios y cadenas productivas con economías de escala dedicados al consumo interno de la región y la exportación a otros mercados, incluyendo el comercio de CER.

#### **4.3.1.1. Iniciativa Mesoamericana de Interconexión Energética**

Se desprende del Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica<sup>80</sup>, cuyo antecedente inmediato fue el controvertido PPP<sup>81</sup> que desde el inicio fue percibido como el brazo ejecutor de EUA en la conservación de su hegemonía hemisférica a través de una integración continental comenzando por el TLCAN y secundado por la región centroamericana.

El primero subraya el aspecto social y de desarrollo frente al de competitividad comercial propugnado por el segundo, pero en los hechos da continuidad a su predecesor aunque incluye los ejes siguientes (MECANISMO DE TUXTLA, 2001: 2-3): *Desarrollo Sustentable*, promueve la gestión de los recursos naturales (responsables: Nicaragua y Belice); *Desarrollo Humano*, busca facilitar el acceso de la población vulnerable a los servicios sociales básicos (México); *Prevención y Mitigación de Desastres Naturales*, instrumenta programas de prevención y mitigación (Panamá); *Promoción del Turismo*, impulsa acciones en favor de economías de escala y encadenamientos productivos (Belice y Colombia); *Facilitación del Intercambio Comercial*, fomenta la participación de pequeñas y medianas empresas en el intercambio comercial (Honduras); *Integración Vial*, propone la integración física de la región (Costa Rica); *Interconexión Energética*, estimula la formación de mercados regionales de energía (hidrocarburos, gas natural y electricidad), incentivando la inversión y la

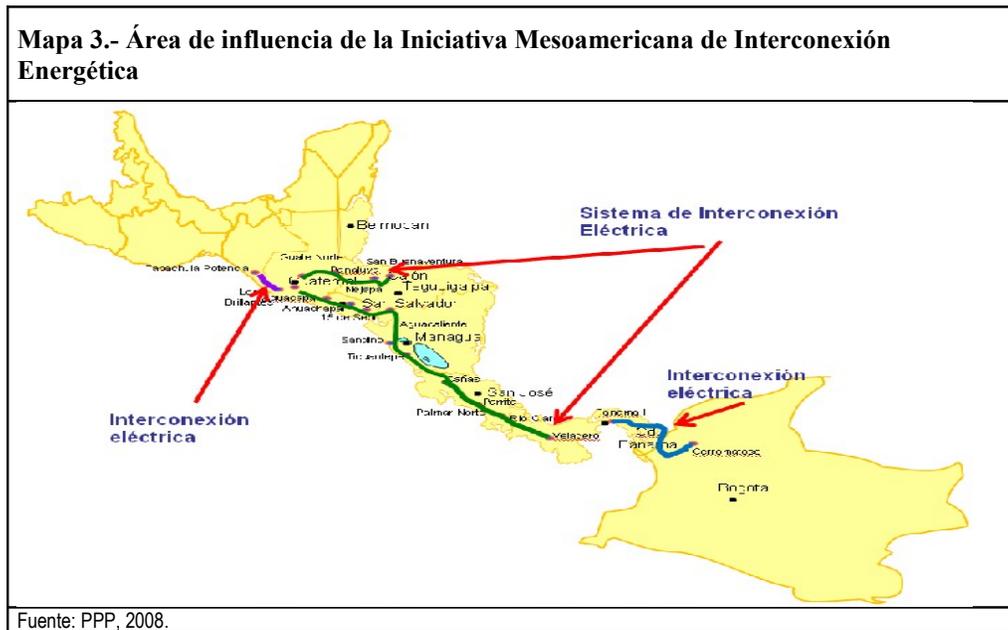
<sup>78</sup> La integración supera los esquemas de cooperación, “es un proceso de creación de interdependencias entre países o entre sectores económicos de los mismos, proceso que se formaliza en un determinado ámbito de institucionalidad a fin de coordinar políticas y mecanismos de desarrollo de los países que se asocian” (SORIA, 2005: 13).

<sup>79</sup> Renombrado como el Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica del cual la Iniciativa Mesoamericana de Integración Energética forma parte.

<sup>80</sup> Instituido en 2007 durante la X Cumbre del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla que es un foro de análisis donde se adoptan posiciones conjuntas en negociaciones multilaterales, se impulsan proyectos económicos, etc. Miembros: El Salvador, México, Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá (ZABALGOITIA, 2002).

<sup>81</sup> Incluía liberación comercial, cooperación financiera y en el sector primario desarrollo de la oferta exportable de Centroamérica, abastecimiento energético, fomento de las inversiones, capacitación y cooperación técnica (SIECA, 2008).

reducción de los costos (Guatemala y Colombia); *Integración de los Servicios de Telecomunicaciones*, amplia la oferta y promueve el acceso universal (El Salvador).



La Iniciativa Mesoamericana de Interconexión Energética encargada de ampliar la cobertura del servicio eléctrico y conformar un mercado regional podría dinamizar el proceso de conformación del Corredor Eólico, al posibilitar que los proyectos a gran escala cubran parte de la demanda eléctrica centroamericana.

Los proyectos emblemáticos contemplan las redes de transmisión eléctrica que conectarán desde México hasta Colombia a través de más de 2,500 km de líneas en tres proyectos principales: a) el Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC); b) la interconexión eléctrica entre México y Guatemala; c) la interconexión eléctrica entre Panamá y Colombia. También, incluye proyectos orientados al desarrollo rural y de recursos renovables comunes (Mapa 3).

En 2005, la Iniciativa se amplía hacia otros temas –en un momento álgido en los precios de los petrolíferos y con evidentes efectos negativos sobre la balanza de pagos-, proponiendo la conformación de un mercado regional de petrolíferos (refinerías) y de gas natural (gaseoductos y regasificadoras), un mercado regional de electricidad (ER y eficiencia energética) y un marco regulatorio energético regional (homologación de normas técnicas y ambientales, inversiones, entre otras), con el objetivo de resolver los problemas que aquejan a la región.<sup>82</sup>

Bajo esta ampliación quedaron inscritos: 1) la construcción de una refinería en Guatemala que suministre 55 mil barriles diarios de gasolina y diesel (36% del consumo) a un precio que refleje el ahorro en logística de importación y reduzca las importaciones un 40%, incluye un contrato de compra-venta de 80 mil barriles diarios

<sup>82</sup> Adoptan la iniciativa en la “Declaración de Cancún” (13/12/05), Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Colombia, República Dominicana y México (SENER, 2007b: 37).

de crudo mexicano pesado por 8 años, acceso a créditos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Banco Centroamericano de Integración Económica e incentivos de parte del país receptor (CASALLAS, 2008); 2) la definición de los lugares donde es pertinente ampliar o crear infraestructura de intercambio comercial regional para el aprovechamiento del gas natural, por ejemplo, determinando la mejor alternativa de suministro a Centroamérica, ya sea desde el Golfo de México o Colombia por gaseoducto, o bien, desde otro país latinoamericano a través de barcos (ARIAS, 2007: 18); 3) la instalación de plantas piloto de biodiesel de tecnología colombiana en Guatemala, El Salvador y Honduras; y 4) el establecimiento de redes académicas de transferencia tecnológica, con el fin de desarrollar alternativas de abasto de energía.

#### **4.3.1.2. Cooperación energética en América del Norte**

La creciente dependencia estadounidense del petróleo y gas de ultramar, la cercanía geográfica, la posesión de recursos naturales y las relaciones de amistad añejas entre EUA, Canadá y México, hicieron de esta zona el punto focal para establecer un área de integración económico-energética, la cual se materializó a mediados de la década de los años noventa.

En términos generales, el TLCAN excluyó el petróleo por ser un tema sensible en México, pero se concertó un Plan de Acción entre los Ministros de Energía del continente que promovió la cooperación energética regional y el desarrollo de políticas y marcos que facilitarían la inversión privada en el sector (Cumbre de las Américas, Miami, 1994), dando origen a la Iniciativa Energética Hemisférica (IEH) en la que se trazó la ruta hacia la flexibilización de los marcos de regulación energética en el continente.<sup>83</sup>

El gobierno mexicano puso en marcha «mecanismos alternativos que, sin modificar la Constitución y conservando en PEMEX el control nominal sobre el hidrocarburo», permitieron «la participación extranjera en ese sector, por medio de empresas conjuntas, arrendamientos, contratos de exploración y subcontratación de diferentes servicios» (SAXE-FERNANDEZ, 2006: 192).

En pocos años, México reinterpretó sus definiciones legales de términos como “petroquímica básica”, “estratégica” y “servicio público”. Respecto al gas y la electricidad, los marcos de regulación separaron conceptualmente las funciones de producción, transmisión y distribución a fin de que la competencia y el arbitraje pudiesen ocurrir instantáneamente. El gobierno permitió que el sector privado manejara algunos aspectos del servicio de electricidad y gas, alentando inversiones de origen extranjero en el sector energético (DUKERT, 2005).

Después de los atentados del 11 de septiembre en EUA los temas bilaterales privilegiados fueron: terrorismo, narcotráfico, desarme nuclear y energía. Esto influyó en la conformación del Grupo de Trabajo de Energía para América del Norte (GTEAN) con el propósito de ampliar el comercio y las interconexiones, basado

<sup>83</sup> Fue promovido por EUA, ya que es el mayor consumidor energético del mundo. En 2006, su consumo per-cápita creció a una tasa de 2%, frente al 1.5% en el resto del mundo (VARGAS, 2007).

en un proceso de cooperación y no de negociación comercial. Los grupos de expertos se formaron en torno a los temas de protección de infraestructura crítica, prospectiva, regulación, eficiencia, ciencia y tecnología, comercio e interconexión de gas y electricidad. En su seno, se ha impulsado la armonización de estándares de eficiencia energética y procedimientos de prueba en el sector industrial, coordinación sobre el impacto de la política y asuntos de regulación en el desarrollo internacional del comercio e interconexiones de electricidad y gas natural, la creación de metodologías conjuntas de modelado energético y el intercambio científico y técnico.<sup>84</sup>

Posteriormente, George W. Bush lanza un programa trinacional México-EUA-Canadá, oficialmente inaugurado en la cumbre de Waco, Texas, en marzo de 2005, conocido con el nombre de ASPAN. Conformado por un conjunto de acuerdos ejecutivos revisados y ampliados semestralmente bajo el impulso de las grandes empresas estadounidenses y sus contrapartes subsidiarias mexicanas y canadienses.

Se crearon 20 grupos de trabajo encargados de desarrollar planes de acción sobre temas específicos. En la agenda de prosperidad destacan bienes de manufactura, competitividad sectorial y regional, movimiento de bienes, comercio electrónico, servicios financieros, transporte, energía, medio ambiente, salud, agricultura y alimentos; en la de seguridad, se encuentra la protección, prevención y respuesta contra amenazas externas en la región (bioprotección, procuración de justicia e inteligencia; seguridad de viajeros, de carga, en aviación y marítima), y eficiencia del flujo seguro de tránsito en las fronteras compartidas (ASPAN, 2005: 2).

En materia energética se retoman los avances realizados por el GTEAN y desde el principio se establecen iniciativas concretas (ASPAN, 2005: 35-42 y BELTRÁN, 2006: 17):

- Establecer alianzas público-privadas de transferencia financiera y propiedad intelectual, así como de colaboración en materia de I&D de hidratos de metano, recursos no-convencionales de gas natural, recuperación mejorada de petróleo, secuestro de carbono, carbón limpio, hidrógeno, eficiencia energética en la construcción, aspectos químicos y emisiones de las arenas bituminosas.
- Promoción de la eficiencia energética, incluyendo la armonización de etiquetado y normas de desempeño energético, particularmente en la eficiencia de los combustibles vehiculares.
- Conformación de un grupo trilateral de reguladores de los proyectos energéticos transfronterizos.
- Incremento en el uso de las ER e intercambio comercial fronterizo.
- Producción económica de arenas bituminosas y creación de un mercado, infraestructura y capacidad de refinación (México participará como observador).
- Dinamizar el mercado de gas natural a través del desarrollo conjunto de regulación, producción, transportación, transmisión, distribución, comercio, interconexiones y gas natural licuado.
- Cooperación en materia nuclear y de hidrocarburos (aguas profundas, aceites pesados, campos

---

<sup>84</sup> El Banco de Desarrollo para América del Norte (NADBANK) es el encargado de facilitar el desarrollo de opciones de energía limpia en la región fronteriza, incluyendo las interconexiones energéticas (GTEAN, 2008).

marginales, etc.).

Estas iniciativas buscan la integración del comercio e inversión en el sector energético con el objetivo de garantizar el abasto regional. A este respecto, en 2007 el Consejo de la Competitividad en América del Norte (CCAN)<sup>85</sup> sugirió al menos dos recomendaciones fundamentales (ALMAZAN, 2007): aprobar la celebración de contratos de largo plazo entre corporaciones mexicanas (incluyendo a la CFE) y productores norteamericanos de compra de energía eléctrica; permitir la liberalización del comercio, almacenaje y distribución de productos refinados, incluyendo la construcción, posesión y operación de oleoductos; la separación de las actividades de gas no asociado de PEMEX.

El proceso de integración ha sido criticado al interior de los tres países. En EUA, la preocupación reside en que a cambio tenga que permitir el libre tránsito de mano de obra. En México y en Canadá, la inquietud radica en las consecuencias de la desregulación económica y la ampliación de la influencia de EUA en la determinación de las políticas económicas y de seguridad militar en la región respecto a la posesión de recursos energéticos, reducción de los derechos laborales y democráticos, privatización de servicios públicos (salud y educación) (PEREZ-ROCHA, 2008 y COMUNISTAS, 2007).

La perspectiva mexicana de interconexión con el mercado centroamericano y el estadounidense está marcado por el tránsito de los monopolios energéticos estatales hacia la privatización (hidrocarburos, electricidad y ER); al mismo tiempo, se observa el fortaleciendo del marco regulador de las ER, consolidándolo como un negocio lucrativo a nivel internacional en el que México ofrece amplio potencial de recursos.

### 4.3.2 Visión estatal: Desarrollo regional

El esfuerzo político estatal en beneficio de la producción eoloeléctrica inicia en el gobierno de José Murat a cargo de los ingenieros Juan José Moreno Sada y Fernando Mimiaga, mediante el proyecto nombrado “Corredor Eólico del Istmo” basado en la posibilidad de convertir al estado en un productor de energía eléctrica renovable, manufacturador de componentes eólicos y, en otra etapa, desarrollador de tecnología (MIMIAGA, 2009). El proyecto se adaptó al objetivo de ampliar la cobertura del servicio eléctrico y de transformar a Oaxaca en una entidad atractiva para la inversión directa y productiva (Plan Estatal de Desarrollo del periodo 1998-2004).

El impulso decisivo ocurrió en 2002, cuando el gobierno estatal solicita apoyo al Departamento de Energía de Estados Unidos (USDOE) y a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), con el fin de identificar las características y distribución del recurso. El producto fue el *Atlas eólico de Oaxaca*

---

<sup>85</sup> Creado por los presidentes de EUA, México y Canadá. Esta formado por 10 ejecutivos de las empresas más importantes: Lockheed Martin, Wal-Mart, Exxon, General Motors, Home Depot, GE, Ford, Merck y Chevron. Otros participantes en el diseño de las estrategias del ASPAN son: el Consejo Coordinador Empresarial, el Consejo Mexicano de Hombres de Negocios, la Confederación de Cámaras Industriales, el Consejo Mexicano de Comercio Exterior, el Centro de Estudios Económicos del Sector Privado y sus pares de Canadá y Estados Unidos (COMUNISTAS, 2007).

elaborado a partir de mapas creados en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL).

Este esfuerzo se combinó con un programa a cargo del Sistema de Ciudades del Estado que identificó las poblaciones urbanas más importantes y atractivas a la inversión en proyectos de desarrollo. Estableció la jerarquía a partir de criterios de población, influencia regional, enlaces carreteros y flujo vehicular, entre otros. Señaló a Juchitán de Zaragoza como parte de las 13 localidades urbanas más importantes, justo donde se localizan la mayor parte de los parques eólicos presentes y futuros.

El Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010 dio continuidad al Corredor, haciendo hincapié en la dotación eléctrica de 3,306 localidades con menos de 100 habitantes donde vive el 21.4% de los 381,595 pobladores que aún no cuentan con energía eléctrica, ya que su incapacidad económica les impide efectuar la aportación requerida en los proyectos de electrificación rural, desalentada también por la baja relación costo-beneficio y la falta de infraestructura carretera necesaria en el mantenimiento de dichos sistemas. Asimismo, enfatiza la dotación de electricidad de 445 localidades mayores de 100 habitantes en las que se concentra el 78.65% de la población sin el servicio.<sup>86</sup> En respuesta, se propuso la creación de una comisión estatal de energía con la participación del Sistema de Universidades Estatales encargada de investigar las opciones energéticas de la entidad, el diseño de programas dedicados al uso fuentes alternas de energía y electrificación rural.

La principal línea de acción se centra en la atracción de inversiones dirigidas a materializar la generación eoloelectrónica a gran escala, contribuyendo a incrementar la oferta regional de energía y, por ende, a satisfacer el consumo energético del proyecto de transporte multimodal en el Istmo. La segunda línea exhorta a evaluar y utilizar las fuentes alternas de energía en la electrificación rural abaratando su costo.

Las metas prioritarias de ese gobierno estatal fueron:

- Promover la inversión privada en la generación eoloelectrónica de la región del Istmo.
- Concretar un programa multianual de inversiones de los tres niveles de gobierno dirigido a la electrificación de las comunidades sin servicio.
- Instaurar un programa de dotación de módulos solares en localidades menores a 100 habitantes con inversión de los tres niveles de gobierno.
- Diseñar un programa concertado de inversiones gubernamentales dirigidas a aliviar los conflictos sociales generados en las comunidades afectadas por la construcción de las presas “Miguel Alemán” y “Cerro de Oro.”<sup>87</sup>

Asimismo, el proyecto eólico estuvo relacionado con el punto cuarto del Plan sobre el sector industrial

<sup>86</sup> En el año 2000, la cobertura estatal del servicio eléctrico fue de 87.7%, muy por debajo de la media nacional: 94.8%.

<sup>87</sup> Están involucrados el gobierno estatal, la CFE y la Comisión Nacional del Agua (CNA) como promotores de la presa hidroeléctrica Temascal y la presa Cerro de Oro, donde se inundaron tierras de cultivo de alta productividad. Paradójicamente, algunos de los pueblos reubicados todavía no cuentan con agua potable ni energía eléctrica. A grandes rasgos, la solución potencial se encuentra en estimular el déficit de electrificación de estas localidades y el financiamiento de proyectos productivos pesqueros, agrícolas, ganaderos o forestales que generen empleos y mayor bienestar.

estatal, caracterizado por un desarrollo incipiente y tecnología poco competitiva, la cual refleja rezago respecto a otras regiones del país y fuerte desconexión de los corredores productivos y comerciales nacionales e internacionales.

En este sentido, el aprovechamiento eólico se concibió como actividad industrial, apostando a la manufactura y desarrollo de tecnología eólica que –a su vez- requiere de la calificación de mano de obra, la instauración de modelos de financiamiento adecuados, la promoción de convenios entre las instituciones de investigación, empresas y la industria, etc. Esto puede complementar al Programa Integral de Desarrollo del Istmo de Tehuantepec y la Cuenca del Papaloapan coordinado con el gobierno del estado de Veracruz, el Proyecto Transistmico de transporte multimodal Salina Cruz-Coatzacoalcos visualizado como opción competitiva y complementaria al Canal de Panamá y a los puentes terrestres americanos que permitirán la integración de cadenas productivas de la industria nacional (industria automotriz, petroquímica y derivados, minería, agroindustria y explotación forestal de los estados de Oaxaca y Veracruz).

#### **4.4 Los elementos asociados a la construcción del Corredor**

El gobierno del estado ha realizado una serie de giras y coloquios internacionales para promover oportunidades de inversión en el ámbito eólico. En 2000 se atrajeron 14 desarrolladores eólicos de bandera alemana, española y estadounidense, lo cual impulsó la publicación del primer modelo de contrato de interconexión de ER en 2001 y una ola de contratos de alquiler de terrenos en la zona.

Esto suscitó preocupación en los núcleos ejidales y comunales con viabilidad eólica sobre la posibilidad de expropiación de las tierras, las condiciones de negociación de los contratos de alquiler, los beneficios sobre las comunidades, entre otros; lo que motivó el estudio *Información sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de empleos relacionado con el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México*, patrocinado por USAID y a cargo de Winrock Internacional, la American Wind Energy Association (AWEA), la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural (FMDR), el Gobierno del Estado de Oaxaca y el IIE.

El estudio basado en la experiencia internacional indicó que los proyectos eólicos en general se instalan en tierras alquiladas, por lo que no es común que ocurran expropiaciones, ni compras de terrenos. La renta normalmente es una especie de regalía correspondiente a un 2-3% del ingreso bruto por la venta de energía, los beneficios comunitarios son normalmente la diversificación de ingresos y la generación de empleos.

En 2005, el gobierno estatal instruyó una campaña de regularización de la tenencia de la tierra en los polígonos eólicos, para que los dueños firmaran contratos de alquiler con las empresas interesadas. A esto se sumó la subasta pública de capacidades de interconexión (Temporada Abierta), lo que agilizó la penetración eólica cristalizada en una prolífica programación de plantas eólicas en la zona hasta 2012 (Tabla 13).

Proyecto	Desarrollador	Modalidad		Inicio operación	Capacidad (MW)
La Venta	CFE	Recursos fiscales		1994	1.35
La Venta II	CFE	OPF		2007	83.30
EURUS	Acciona	Aut.	NTA	2009	250.00
Parques Ecológicos de México	Iberdrola	Aut.	NTA	2009	79.90
Fuerza Eólica del Istmo (1ª fase)	Fuerza Eólica-Peñoles	Aut.		2010*	30.00
Eléctrica del Valle de México	EdF Energies Nouvelles-Mitsui	Aut.	PI	2009	67.50
Eoliatec del Istmo	Eoliatec	Aut.	PI	2010*	22.00
Bii Nee Stipa Energía Eólica	CISA-Gamesa	Aut.	PI	2009	26.35
La Venta III	CFE-Iberdrola	PIE	PI	2010*	101.40
Oaxaca I	CFE	PIE	TA	2010*	101.40
Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE)	IIE	PPE		ND	5.00
Desarrollos Eólicos Mexicanos	DEMEX	Aut.	TA	2011*	227.50
Eoliatec del Pacífico	Eoliatec	Aut.	TA	2011*	160.5
Eoliatec del Istmo (2ª fase)	Eoliatec	Aut.	TA	2011*	142.20
Gamesa Energía	Gamesa	Aut.	TA	2011*	287.00
Vientos del istmo	Preneal	Aut.	TA	2012*	180.00
Energía Alterna Istmeña	Preneal	Aut.	TA	2012*	215.90
Unión Fenosa Generación México	Unión Fenosa	Aut.	TA	2010*	227.50
Fuerza Eólica del Istmo (2ª fase)	Fuerza Eólica	Aut.	PI	2011*	50.0
Oaxaca II	CFE	PIE	TA	2010	101.40
Oaxaca III	CFE	PIE	TA	2011	101.40
Oaxaca IV	CFE	PIE	TA	2012	101.40
PIE= Productor Independiente de Energía		Aut.= Autoabastecimiento		PPE= Pequeña Producción	
TA= Temporada Abierta		PI= Proyectos Inmediatos		NTA= Nueva Temporada Abierta	
Fuente: Mimiaga, 2009b y SENER, 2009: 43.					

#### 4.4.1 Adiciones en infraestructura

Dado que no se podían comprometer recursos públicos en la construcción de una nueva línea de transmisión sin el compromiso firme de los productores privados, en 2006 la CFE y la CRE convocan una Temporada Abierta (TA) con la finalidad de construir capacidad adicional de porteo y transmisión de energía en la red eléctrica del servicio público necesaria en la evacuación de la energía eólica producida (proyección a 10 años).

Se identificaron las necesidades de infraestructura, las cartas de crédito y finanzas que respaldaban la capacidad a reservar por los inversionistas participantes, estableciéndose los compromisos de las empresas privadas y de CFE respecto al financiamiento proporcional de la línea entre las partes (Tabla 14). CFE incluyó en el Presupuesto de Egresos de la Federación 2007 el programa de red de transmisión asociada a la TA que incluye los proyectos eólicos Oaxaca II, III y IV, pero excluye la infraestructura asociada a la NTA y proyectos inmediatos.

La infraestructura de porteo y transmisión de los proyectos registrados en la TA se construirán mediante un Proyecto de Infraestructura Productiva de largo plazo que consiste en lo siguiente (SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN, 2008: 3-5):

1. Una línea de transmisión de aproximadamente 145 km en 400 kV en estructura de doble circuito

con tres conductores por fase de 1113 ACSR, que partiría de la subestación La Ventosa en la zona del Istmo de Tehuantepec a la subestación Juile que forma parte de la red troncal del SIN.

2. La subestación La Ventosa estaría integrada por cinco transformadores, tres de 400/230 kV y dos de 400/115 kV con una capacidad total 2,000 MVA, y dos bahías de alimentadores en 400 kV, así como un dispositivo dinámico de control de voltaje (CEV) en 400 kV de  $\pm 300$  Mvar.
3. Tendido del segundo circuito en 400 kV de aproximadamente 154 km entre las subestaciones Juile y Cerro de Oro con sus respectivas bahías de alimentadores y provista de un reactor de 75 MVar en la de Juile.
4. Dos bahías de alimentadores en 400 kV en la subestación Juile.

<b>Tabla 14.- Adiciones en infraestructura</b>		
Empresa	Proyecto	Capacidad (MW)
NTA-Nueva Temporada Abierta (en 230 kV)		330.0
Parques Ecológicos de México, S.A. de C.V.	La Ventosa	250.0
EURUS, S.A. de C.V.*	Proyecto Eólico Eurus	80.0
Proyectos Inmediatos (en 115 kV)		165.8
Eoliatec del Istmo, S.A.P.I. de C.V. (1ª etapa)	Bii Stinu	22.0
GAMESA Energía, S.A. de C.V. (1ª etapa)	Bii Nee Stipa	26.35
Fuerza eólica, S.A. de C.V. (1ª etapa)	Fuerza Eólica del Istmo	50.0
Eléctrica del Valle de México		67.5
TA-Temporada Abierta (en 400 kV)		1895.0
Desarrollos Eólicos Mexicanos, S.A. de C.V.	Piedra Larga	226.0
Eoliatec del Istmo, S.A.P.I. de C.V. (2ª etapa)	Bii Stinu	141.0
Eoliatec del Pacífico, S.A.P.I. de C.V.	Santo Domingo	159.0
Fuerza eólica, S.A. de C.V. (2ª etapa)	Fuerza Eólica del Istmo	49.0
GAMESA Energía, S.A. de C.V. (2ª etapa)	Bii Nee Stipa	285.0
Preneal México, S.A. de C.V.	Vientos del Istmo	393.0
Unión FENOSA Energías Renovables, S.A. de C.V.	Bii Hioxo	226.0
CFE	Oaxaca I, II, III y IV	405.0
* No asociado a la AMDEE		Datos: ZENTENO, 2008; SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN, 2008.

En relación con los proyectos inmediatos, las empresas deberán realizar a su cargo mejoras a las instalaciones de CFE donde se recibirá la generación (Juchitán Dos 115 kV). Los permisionarios registrados en la NTA están reforzando la red de transmisión en 230 kV. Las principales obras son (*idem*):

- a) subestación Matías Romero Potencia 230/115 kV de 300 MVA;
- b) tendido del segundo circuito en 230 kV entre las subestaciones Juchitán Dos y Juile;
- c) ampliación de la transformación de la subestación Juile 400/230 kV con 225 MVA;
- d) un banco de capacitores de 15 MVAR en 115 kV en la subestación Salina Cruz.

Finalmente, se debe señalar que los proyectos inscritos en la NTA y en los PI se ajustan a la metodología de porteo actual, mientras los que están en la TA se sujetarán a una nueva metodología.

#### 4.4.2 Resistencia social

A partir del año 2004 ha existido fuerte oposición de los pobladores a la consolidación del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, el cual afectará principalmente los municipios de Juchitán de Zaragoza, Santo Domingo Tehuantepec, Ciudad Ixtepec, Unión Hidalgo y Santo Domingo Ingenio, localizados en la planicie costera; San Mateo del Mar, San Dionisio del Mar y Santa María del Mar, pertenecientes a la zona Ikoods (RAMÍREZ, 2006).

La resistencia de estos pueblos se ha establecido al interior de diversas organizaciones: la Unión de Comunidades Indígenas de la Zona Norte del Istmo (UCIZONI), el Consejo de Ancianas y Ancianos de Rancho Gubiña (Gubiña XXI) y el Centro de Derechos Humanos Tepeyac A.C., las más involucradas en la defensa; el Comité de Bienes Comunales del Llano, el Consejo Ciudadano Unihidalguense, el Grupo Palmeros (Unión Hidalgo), la Coordinadora de Mujeres Ikoods (San Mateo del Mar), el Grupo de Trabajo del Istmo, el Grupo solidario de La Venta, el Colectivo Cortamortaja (Jalapa del Marques), el Colectivo Binni Canizi Xpiaani, el Colectivo Binni Cayale Xpiaani, la Coordinadora Democrática de Pueblos (COCEI), el Servicio de Apoyo Intercultural A.C. (Salina Cruz), Laguna Biahuido A.C. (Juchitán), Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, entre otros.

La discusión se centra principalmente en dos aspectos fundamentales:

1. El temor a que el Corredor sólo sirva a intereses externos –sean estatales, federales o internacionales-, sin considerar las necesidades y prioridades de las poblaciones involucradas.
2. La desconfianza en las autoridades e instituciones derivada de las experiencias negativas en proyectos anteriores (puertos, presas, hidroeléctricas, complejos petroleros y turísticos).

Ambos son complementarios y no excluyentes, por lo que difícilmente se pueden establecer claras fronteras entre ellos. Así pues, el primer punto es un cuestionamiento a la concepción de “desarrollo” planteado en el seno del megaproyecto eólico, como si el aprovechamiento de un recurso natural fuera automáticamente signo de mayor calidad de vida de la población istmeña, sin considerar los costos sociales, económicos y ecológicos derivados del mismo.

En entrevista con pobladores de La Venta se identificaron las principales preocupaciones asociadas a las plantas eólicas instaladas en La Venta:

1. *Sociales*. La división de la comunidad en dos bandos –incluso familias nucleares-, los que se aprecian como beneficiarios del parque eólico y, por ende, están a favor del mismo (alquilan a CFE sus tierras); los que están en contra, pues consideran que el pago por la renta de sus tierras es injusto, o bien, éstas no se encuentran dentro del polígono eólico y no reciben un pago, pero asumen las molestias que a largo plazo este tendrá sobre la zona (ruido, contaminación visual,

daño ecológico, etc.).

2. *Económicos*. Se refiere a la privatización del servicio eléctrico nacional y a que los ganadores en este proceso son los caciques dueños de la mayoría de las tierras donde se construirán las plantas eólicas. Esto hará más prósperos a aquellos poseedores de cierta influencia económica antes de iniciado el proyecto, ahondando la brecha en la distribución de la riqueza. Sin duda el beneficio alcanzará a otros habitantes del lugar, ya sea directamente por el parque (renta de tierras) o indirectamente por la dinamización de la economía (acarreo de materiales, apertura de restaurantes, misceláneas y cervecerías, y atracción de turismo, etc.).
3. *Ecológicos*. La formación del frente contra el Corredor permitió la socialización de información relativa a los daños causados por la construcción, operación y abandono de un parque eólico (desmonte de la vegetación, erosión del suelo, afectación de la fauna por pérdida de hábitat, colisión de aves y murciélagos, pérdida de tierras productivas, básicamente), convirtiendo el aspecto ecológico en un arma más de inconformidad social.

#### **4.4.2.1. Privatización del sector eléctrico**

La población local se refiere al proyecto eólico como un fragmento del PPP, encargado de exfoliar los recursos existentes en la zona tales como la biodiversidad, el agua, los minerales, los energéticos y el territorio. Cuestión reforzada por la discusión nacional sobre la apertura del sector a la inversión privada realizada de facto mediante los contratos de servicios múltiples y la concentración de las transnacionales interesadas en aprovechar los vientos del Istmo, quienes se apresuraron a apartar terrenos en los lugares con potencial eólico.

El discurso gubernamental asegura la no privatización del servicio público de energía eléctrica, pero la producción se ha entregado paulatinamente a empresas privadas en la modalidad de PIE (Tabla 15). En 2004, contaban con una capacidad eléctrica instalada de 7,265 MW (18.91% respecto a CFE), generaron 45.56 TWh<sup>88</sup> (28.56%) y en 2007 la potencia instalada era de 11,457 MW (29.84%) con una generación de 70.98 TWh (45.06%).

En 2008 la potencia instalada de los PIE se conservó, sin embargo, despachó una cantidad mayor a la red eléctrica nacional (74.23 TWh, 47.23%). Los datos del primer semestre de 2009 indican que la potencia instalada se mantuvo en 11,457 MW (28.79% respecto a CFE), con un despacho de 49.79% al servicio público de electricidad. Esto significa que cuantiosas sumas de dinero del presupuesto de CFE van a parar directamente a las arcas de los productores privados, mientras parte de su parque de generación está parado, incluyendo algunas plantas hidroeléctricas. A esto se suma el PERGE dedicado especialmente a la promoción de productores de autoabastecimiento y PIE en el ámbito eólico.

<sup>88</sup> Una unidad de energía Terawatt-hora equivale a 1000 Megawatt-hora o bien un millón de kilowatt-hora.

		2004	2005	2006	2007	2008	2009
Capacidad (MW)	CFE	38,422	37,325	37,470	38,397	38,474	39,791
	PIE's	7,265	8,251	10,387	11,457	11,457	11,457
	Total	45,687	45,576	47,857	49,854	49,931	51,248
	% PIE's/CFE	18.91%	22.11%	27.72%	29.84%	29.78%	28.79%
Generación (TWh)	CFE	159.53	170.07	162.47	157.51	157.16	88.65
	PIE's	45.56	45.56	59.43	70.98	74.23	44.14
	Total	205.09	215.63	221.90	228.49	231.39	132.79
	% PIE's/CFE	28.56%	26.79%	36.58%	45.06%	47.23%	49.79%

Datos: CFE, 2008b y SIE, 2008.

#### 4.4.2.2. Contratos de arrendamiento

La firma de contratos de alquiler de tierras ha originado discrepancias y conflictos legales. Campesinos pertenecientes a las poblaciones de Juchitán, Unión Hidalgo, La Venta, San Blas Atempa, Santo Domingo Ingenio, Santiago Niltepec, San Mateo del Mar y San Francisco del Mar, integraron el Frente por la Defensa de la Tierra e interpusieron demandas solicitando la anulación de los contratos, siendo asesorados por el Lic. Javier Balderas Castillo, abogado de la Asociación de Derechos Humanos Tepeyac A.C., aludiendo haber firmado documentos en blanco y bajo condiciones sumamente desventajosas<sup>89</sup> en comparación con las cantidades manejadas en el estudio sobre arrendamiento financiado por el USAID.

En dicho informe se exponen los sistemas de arrendamiento más usuales en EUA: la *cuota fija*, en la que el desarrollador acuerda una cuota mensual o anual con los propietarios de la tierra ya sea por turbina o por unidad de tierra (hectárea-ha o metro cuadrado-m<sup>2</sup>); las *regalías*, donde el desarrollador paga al propietario un porcentaje de los ingresos brutos recibidos por la venta de la electricidad producida en relación directa con las turbinas instaladas en las tierras del propietario (trimestral, semestral, anual); y, por último, una *combinación de ambos sistemas*, en el cual el porcentaje de *ingresos brutos*<sup>90</sup> se complementa con un pago mínimo garantizado, aún cuando las turbinas eólicas tengan problemas significativos de confiabilidad o si los vientos son menores de lo esperado en un año en particular (WINROCK INTERNACIONAL, 2003).

En los tres sistemas el pago se incrementa con el tiempo y no existe una regla única. Por ejemplo, Green Mountain Power en Vermont otorga un pago fijo trimestral por acre que se incrementa con la inflación y una cuota basada en la producción anual de energía. No obstante, el acuerdo más usado en los proyectos mayores a 25

<sup>89</sup> Comuneros de Juchitán de Zaragoza, Unión Hidalgo y Xadani han interpuesto demandas de nulidad de los contratos firmados con engaños. El juez no ha dado atención oportuna y las empresas han coaccionado a los comuneros con amenazas y sobornos. Además, Iberdrola informó al presidente Felipe Calderón que iniciada la operación del parque eólico EURUS se pagarían hasta 5 millones de pesos anuales por concepto arrendamiento a los propietarios de la tierra, lo cual parece no haber sido verdad pues los contratos son por 60 años y a \$150/Ha al año (LX LEGISLATURA, 2009).

<sup>90</sup> El precio de compra de la energía (\$/kWh) multiplicado por la cantidad de energía (kWh) entregada al comprador de la energía. El ingreso bruto es equivalente a la cantidad que el desarrollador del proyecto recibe de la compañía eléctrica local por entregar la electricidad a la red o a un usuario en particular. Determinado antes de considerar cualquier otro gasto del proyecto (WINROCK INTERNACIONAL, 2003).

MW es el de regalías<sup>91</sup> (40 proyectos) dedicando un promedio de 2-3% del ingreso bruto y el sistema de cuota fija es popular en proyectos de demostración o prueba de 2 a 5 turbinas (7 proyectos).<sup>92</sup>

La Tabla 16 muestra las características de los contratos de alquiler en el Istmo. Los documentos obtenidos no estaban legalizados ante notario público, ni contenían las firmas correspondientes, por lo que pueden tener variaciones con respecto a los textos oficiales. De cualquier manera, son ilustrativos y dan idea de la variedad en los términos de negociación.

Como puede observarse, está indicado un pago inicial o bono de firma del contrato, se trata de un incentivo para que el dueño de las tierras firme y además asista las veces necesarias ante notario a formalizar el documento. También es una compensación por la afectación durante las actividades de construcción sobre las labores de cultivo o ganadería. Esta figura es bastante común en los proyectos eólicos, los pagos generalmente se encuentran en el rango de US\$1,000-3,000, en cambio en México se ubicaron muy por debajo.

La renta bajo condición suspensiva se refiere a la cantidad que la empresa paga por apartar la tierra en espera del inicio de la construcción de la planta, suma que deja de abonarse al operar comercialmente. En algunos casos esto suscitó conflictos, pues pasaron varios años entre la firma del contrato, la construcción y la entrada en operación, además ningún documento toma en cuenta el incremento por año de la suma.

Las empresas pagan cuotas a los propietarios por el derecho de colocar equipo de medición (anemómetros) en torres de 10-30 metros, lo cual es muy importante a la hora de determinar la cantidad de electricidad que se obtendrá con el proyecto bajo las condiciones específicas de la zona. Esta es una condición necesaria para acceder al financiamiento, por ello Preneal y Unión Fenosa incluyeron este rubro en el texto. En EUA se pagan varios cientos de dólares por año dependiendo del recurso eólico y lo deseable de la tierra, en cambio en México han pagado \$4000 por año por anemómetro.

La retribución por concepto de renta al inicio de la operación comercial de la planta varía dependiendo del proyecto y la empresa. La mayoría ofrece repartir entre los dueños de la tierra entre el 1% y como máximo el 1.85% de la venta de la producción anual de electricidad (excepto Eurus y CFE), de manera diferenciada entre los que tienen tierras afectadas por la colocación de aerogeneradores, por otro tipo de infraestructura, si no tiene ninguna construcción o si es zona de reserva<sup>93</sup>.

<sup>91</sup> Las cifras presentadas aquí, fueron normalizadas y calculadas en base a 5 proyectos coincidentes. En la parte occidental de EUA, el arrendamiento incluye un pago anual del 3% de los ingresos brutos (\$3,000/MW al año) y un pago mínimo garantizado de \$1,000/MW (WINROCK INTERNACIONAL, 2003).

<sup>92</sup> Se usa por su simplicidad y porque las cantidades globales son relativamente pequeñas. Son proyectos no financiados, la relación entre los pagos por arrendamiento de la tierra e ingresos del proyecto es menos importante en la factibilidad económica del mismo. Se detectaron dos casos grandes (<25MW>50MW) que usaron cuota fija.

<sup>93</sup> Cada aerogenerador requiere de cimientos, por lo cual ese pedazo de tierra no sirve más para la siembra. Algo similar ocurre con los espacios donde se construyen caminos o se instalan conexiones. Otras zonas quedan dentro de la planta, pero no resultan afectadas y, por último, las zonas de reserva son terrenos fuera del polígono en donde se prohíben otras construcciones que puedan dañar la cantidad y calidad del viento necesaria para lograr una producción óptima.

Los pagos por arrendamiento dependen en gran medida de los usos alternos de la tierra, el mercado local de energía y la disponibilidad de tierra similar con potencial comparable de desarrollo. Por ejemplo, en el área de Altamont Pass, California, se negociaron arrendamientos con tasas de incremento relativamente altas, debido a que los terrenos eran codiciados en el desarrollo residencial de los habitantes del área de la Bahía de San Francisco.

En el caso del Corredor, la concreción de otros proyectos productivos y de comunicación podría encarecer la tierra incrementando el arrendamiento. Por el momento, los emplazamientos se están construyendo en tierras dedicadas al cultivo y cría de ganado. Los pagos de arrendamiento de la tierra se basan en los ingresos brutos esperados que podrían ser de US\$180-1,000/ha. Asumiendo un precio de venta de la energía de US\$0.035-0.08/kWh y un acuerdo de arrendamiento por regalías del 2%, los pagos proyectados por hectárea oscilarían entre US\$319-728/ha (WINROCK INTERNACIONAL, 2003).<sup>94</sup>

Sobre el incumplimiento de las empresas en el pago del alquiler, los contratos de Santo Domingo Ingenio y Unión Fenosa prevén la situación y se comprometen a pagar un 8% de interés anual. Por su parte, los dueños de la tierra ceden la exclusividad de sus tierras a la empresa y, en caso contrario, asumen el costo de la reinstalación de los aerogeneradores en otro lugar (contratos Santo Domingo Ingenio, Unión Fenosa y Eoliatec del Istmo).

Tres contratos contienen elementos que llaman la atención: el de Preneal incluye una cláusula donde se compromete a contratar empresas locales en la realización de trabajos de poca calificación, el de Unión Fenosa considera la posibilidad de anulación del contrato en caso de que la construcción no inicie dentro de los 3 primeros años y sin efectos negativos para ninguna de las partes y el de Eoliatec del Istmo que además de todas sus exigencias compromete a los dueños de la tierra a que le den preferencia de compra en caso de vender el terreno.

Por último, todos los contratos imponen una cláusula derivada de que la mayor parte de la propiedad es ejidal. El contrato no puede rescindirse por la muerte del dueño, las obligaciones se transmiten a los herederos en línea recta, solamente en caso de que no existieran y la propiedad pasara a manos de familia más lejana puede darse por terminado el contrato si se demuestra fehacientemente.

---

<sup>94</sup> En la zona los ingresos obtenidos varían dependiendo del cultivo, pero se ubican entre \$4,000 y \$35,000 pesos por hectárea (cálculos propios con datos de SAGARPA, 2007).

Tabla 16.-Características de los contratos de alquiler de tierras en el Istmo*							
	Santo Domingo Ingenio	Juchitán	Preneal (Unión Hidalgo)**	Unión Fenosa	Eoliatec del Istmo	CFE (La Venta II)	Eurus (La Venta)
Vigencia (años)		30, renovación a los 25	30 años		25 prorrogables por 20 años más.	30	
Firma contrato		\$1000	\$1000	\$1000	\$1000	\$1082.34	\$6000
Renta (condición suspensiva)	\$ 125ha incremento 20%	\$150 ha, después de 3 años \$160	+10ha=\$100 ha -10ha=\$1000 ha	\$150	\$125ha	\$100 ha	\$3554.96ha
Dcho. Instalación de anemómetros			\$4000	\$4000			
Renta (inicio operación)	\$1200ha hasta 1.5% de la producción	1% de la facturación	1.3% ingresos por operación por ha	1% de la facturación	\$1200ha tope 1.85% de la producción		
Zona de Producción	\$4000 anuales					Sin construcción \$1000	
Zona de Reserva (fuera del polígono)						-10ha=\$1000 +10ha=\$100	
Afectación por aerogenerador		50% más	\$11400	0.3% + 0.2%	0.15%	2000 kW \$18880 8050 KW \$8000	\$50000 (act. índice inflacionario)
Afectación (caminos, accesos, líneas)	\$3500ha	20% más	\$7950	0.2%	\$13100		\$50000 (act. Índice inflacionario)
Indemnización por línea de conexión		20% pero no reciben nada de la producción					
Incumplimiento de la Cía., en la renta	Interés 8%				Interés 8%		
Incumplimiento dueño de la tierra o cancelación del contrato	Pago la reinstalación de los generadores en otro parte y la cantidad líquida que resulta de multiplicar la renta por los últimos 5 años			Asume los costos de remoción de las instalaciones	5 años de renta y pago de reinstalación de los aparatos en otra parte		
Adicional			Contratación de empresas locales para los trabajos poco calificados	Fin del contrato si la construcción no inicia en los 3 primeros años (excepto si es culpa de CFE).	A la Cía., se le debe dar preferencia en la adquisición de terrenos en caso de venderlos		

\*Las cantidades son anuales

\*\*Modificación de contrato

\*\*\*Los contratos que no incluyen el nombre de la empresa es porque no estaba especificado en los documentos consultados

Fuente: Contratos obtenidos directamente en la población La Venta, proporcionados por el Sr. Alejo Girón Carrasco, ejidatario de la población La Venta.

Un argumento adicional procede de la falta de consulta y los subterfugios de la corrupción anclada en las autoridades locales, municipales, estatales y federales, cuyo resultado final es la desconfianza de la población hacia este tipo de proyectos, independientemente de si en realidad implica un riesgo en su supervivencia o no, prueba de ello es el rechazo a través de movimientos organizados exigiendo interlocución y participación activa, buscando construir opciones desde las prioridades de sus comunidades y regiones.<sup>95</sup>

La lucha iniciada en 2004 se suma a una serie de ejemplos de “no consulta” característicos en México: la presa hidroeléctrica de San Juan Tetelcingo, Guerrero; la carretera Oaxaca-Istmo-Huatulco; el complejo turístico de Huatulco; la introducción de gasoductos en terrenos ejidales y comunales; la construcción de presas e hidroeléctricas; la construcción de refinerías y puertos marítimos, entre otros.

Como afirma Elisa Cruz (2008) refiriéndose a las reivindicaciones indígenas: “Exigen espacios de diálogo y negociación en los que se discuta el problema, con la convicción de que esto no sólo sea «tomado en cuenta», sino que defina efectivamente las decisiones del Estado en sus tres niveles de gobierno y poderes. La demanda es la de ser partícipes en el diseño e implementación de planes y programas que les afectan directa e indirectamente. Tales reclamos se han intensificado desde la década de 1990 y principios de este siglo, debido a la ejecución de lo que se conoce como Plan Puebla Panamá y el Área de Libre Comercio de las Américas, ejemplo tangible es el corredor eólico en terrenos del Ejido La Venta, municipio Juchitán de Zaragoza, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.”

Los conflictos podrían evitarse con transparencia e información adecuada al nivel de la población. Muchos firmaron contrato de apartado de tierras antes de saber exactamente en qué consistían los proyectos eólicos, luego se enteraron por el informe de impacto ambiental de la CFE a SEMARNAT sobre los efectos negativos a los que se someterá el entorno. La omisión crea el caldo de cultivo de la rebelión, si se añade la confabulación de las autoridades e instituciones es normal esperar que la población se apegue fatalmente a la creencia de que hay gato encerrado en el Corredor. Se les hace extraño que los tres niveles de gobierno se hayan puesto de acuerdo en garantizar el derecho de propiedad de los terrenos ejidales en la zona a través del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE)<sup>96</sup> y que existan demasiadas prerrogativas para las grandes empresas nacionales o extranjeras, mientras no se vislumbra interés en la construcción de un proyecto eólico colectivo donde la población actúe como productor de energía, tal como ocurre en otras partes del mundo.

---

<sup>95</sup> La construcción del parque eólico La Venta II se autorizó a inversionistas extranjeros sin consultar a la asamblea general de ejidatarios, oponiéndose a los preceptos del convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre el derecho de los pueblos y comunidades afectadas a ser consultados. La Coordinadora de Pueblos Indígenas del Istmo a través del Sindicato de Trabajadores de la Industria Metálica, Acero, Hierro, Conexos y Similares, presentó una reclamación ante la OIT (REDLAR, 2008).

<sup>96</sup> Los ejidatarios no eran “propietarios” de sus tierras y las decisiones se tomaban en asambleas ejidales. El PROCEDE dio la certidumbre jurídica a la tenencia de la tierra convirtiendo los ejidos en propiedad privada.

#### 4.4.2.3. Contaminación

Las centrales eólicas son proyectos que no emiten contaminantes a la atmósfera, no requieren del suministro de agua, combustibles, ni otros insumos y, generalmente, no modifican la vocación del suelo. El efecto de mayor impacto es la transformación física de la zona repercutiendo en la calidad del aire, vegetación, agua, fauna, paisaje y personas, propios de cualquier actividad industrial aunque mínimo en comparación con una planta eléctrica convencional (Tabla 17).<sup>97</sup>

<b>Tabla 17.- Descripción general de impactos de una central eólica</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Impacto</b>
<b>Calidad del Aire</b>	
Preparación del sitio, construcción, operación y abandono	Mayores concentraciones de CO, HC, Nox y PST, como efecto del uso de vehículos y maquinaria pesada. Aumento de polvos por el transporte de materiales, el movimiento de tierra durante la nivelación del terreno y despalme, así como la circulación de vehículos en los caminos de terrecería.
<b>Ruido</b>	
Preparación del sitio, construcción, operación y abandono	Incremento en los decibeles de ruido, debido al uso de vehículos y maquinaria, y la operación de los aerogeneradores.
<b>Suelo</b>	
Preparación del sitio, construcción, operación y abandono	Las actividades de nivelación del terreno y despalme ocasionan pérdida de suelo. El movimiento de maquinaria pesada puede causar compactación y pérdida de la calidad de suelo. Los derrames accidentales de aceites durante las labores de construcción y mantenimiento de los aerogeneradores y vehículos pueden contaminar el suelo.
<b>Agua</b>	
Operación y mantenimiento	La apertura de caminos puede modificar la dirección de los escurrimientos.
<b>Vegetación</b>	
Preparación del sitio	El despalme para la construcción de la Central y los caminos conlleva a la pérdida de cobertura vegetal.
<b>Fauna</b>	
Preparación del sitio, construcción, operación y abandono	El desmonte, despalme, el uso de maquinaria y vehículos y la presencia de personal puede significar una mayor presión o aumento en la mortandad de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Sobre todo durante la preparación del sitio y la construcción, etapas en las que el número de trabajadores y maquinaria es mayor. Durante la operación y el abandono la magnitud de estos impactos es casi nula. En la operación de la central existe riesgo de colisión de aves y murciélagos con los aerogeneradores.
<b>Paisaje</b>	
Operación y mantenimiento	La presencia de aerogeneradores afecta la calidad del paisaje, al desentonar con el panorama original o cubrir la visión de atractivos naturales.
<b>Socioeconómicos</b>	
Preparación del sitio	El despalme en los terrenos agrícolas provoca una pérdida en los rendimientos de los cultivos, así como en la economía de los propietarios.

Fuente: INECOL, 2003.

<sup>97</sup> La cuenca petrolera Chicontepec se ubica en una zona rica en biodiversidad, abarca la Sierra de Otontepec –al norte de Veracruz- decretada como área protegida. Ahí se planea perforar tres veces más pozos que en el resto del país. PEMEX carga con pasivos ambientales históricos estimados en 1,268 ha en 2008, por ejemplo en Texistepec (Minatitlán, Veracruz), en la ex-refinería Azcapotzalco en la Ciudad de México o en el complejo La Cangrejera en Coatzacoalcos, Veracruz (MENTADO, 2009, 65: 44, 49).

La Venta antes de la instalación eoloeléctrica sufría degradación de la cubierta vegetal y el suelo, debido a la sustitución del bosque original por áreas de cultivo, la construcción de caminos y casas, la deforestación, quema y tala y la contaminación de las aguas por el vertido de basura en los márgenes del río Espíritu Santo.

#### **4.4.2.4. Transformación del paisaje**

La instalación de granjas eólicas impacta visualmente el paisaje debido al número y altura de los aerogeneradores, líneas de evacuación y transmisión, las subestaciones, centros de control y transformación; caminos de acceso, etc.

Hoy en día, el paisaje forma parte de la valorización del territorio al lado de la flora, fauna, arqueología, cultura, entre otros. En Europa existen movimientos de conservación del paisaje y contra los tendidos eléctricos, plantas nucleares, carreteras y parques eólicos. En Valencia, España, se cuestiona la extensión del “paisaje eólico” sobre otros paisajes naturales y culturales, sacrificados por una producción del 5% de sus necesidades y que no significa la clausura de la central nuclear de Cofrentes o la térmica de Castelló (TORTOSA, 2004).

El *Convenio Europeo de Paisaje* (2000), define el “paisaje” como “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”. Deduciéndose que representa la proyección cultural de una determinada sociedad en el espacio, siendo un elemento de identidad, por lo cual adquiere una dimensión simbólica y patrimonial (LOZANO, 2008).

En este sentido, la implantación de granjas eólicas en el Corredor rompe con el paisaje al cual estaban acostumbrados sus pobladores; aunque, desde otro punto de vista, atrae a turistas nacionales interesados en contemplar los colosos aerogeneradores novedad en territorio mexicano que a largo plazo podría constituirse como una nueva proyección cultural de dicha sociedad.

#### **4.4.2.5. Pérdida de vegetación<sup>98</sup>**

Las zonas de vegetación proveen diversos servicios ambientales, lo que les brinda un valor como ecosistema, pues dotan de un hábitat a las especies contenidas en ellas, controlan la erosión, regulan la micrometeorología, entre otros.

La Venta y sus alrededores originalmente estuvieron cubiertos por Bosque Tropical Caducifolio (BTC), sin embargo la mano del hombre ha sido causa de su progresiva eliminación, reemplazándolo por un mosaico de acahuales derivados de este tipo de vegetación (Acahual de Bosque Tropical-ABT) y por la formación de Áreas Agropecuarias (AA) donde se cultiva caña de azúcar, maíz, sorgo y pastizales. La vegetación asociada a las riberas de los ríos (Bosque de Galería-BG) ha sido mermada por la extracción de madera y por la expansión de los pastizales. La construcción de centrales eólicas es una presión sobre estos sitios, sus habitantes y recursos.

<sup>98</sup> Esta sección está basada en el estudio de INECOL, 2003.

El valor de una unidad ambiental<sup>99</sup> depende de la complejidad estructural de la vegetación y la disponibilidad de agua, ambos ligados a la presencia de sitios de refugio y alimento. La unidad más crítica es el BTC, pues contiene el mayor número de especies NOM-059-SEMARNAT-2001.<sup>100</sup> La de menor valor es el AA/BG, a pesar de que cumple una importante función al ser un freno a los procesos erosivos y amortiguador de los efectos de avenidas e inundaciones.

Adicionalmente, una parte importante de la vegetación tiene uso local o interés comercial. De las 65 especies registradas, 28 tienen un uso medicinal, 23 son materia prima de un producto manufacturado, 13 sirven de forraje para el ganado, 12 satisfacen necesidades alimenticias humanas (frutas, verduras y semillas), 9 con vocación ornamental, 8 especies tóxicas, 2 que sirven como combustible y 2 utilizadas en la construcción de viviendas. De estas, solamente se registró una especie en la categoría de amenazada: *Tabebuia chrysantha*, localizada en el poblado El Zapote.

El área donde se están construyendo los emplazamientos eólicos es rica en diversidad de especies propias y migratorias. Se identificaron 22 especies en riesgo, amenaza o peligro de extinción, lo cual aumenta el grado de presión para su supervivencia. El ABTC y el BTC concentran la mayor riqueza de especies, sin embargo, las amenazadas y en peligro de extinción se extienden hasta las AA y las que cuentan con alguna protección especial llegan incluso hasta el BG y las zonas acuáticas.

#### 4.4.2.6. Afectación de la fauna<sup>101</sup>

La vegetación junto con la formación de cuerpos de agua durante la estación de lluvias son lugares ideales de refugio, anidación y alimentación de muchas especies de fauna silvestre: aves, reptiles, anfibios y mamíferos. Muestras de la fauna en el área del proyecto La Venta II arrojan la presencia de 128 especies de aves, 27 especies de mamíferos, 7 especies de reptiles y 2 especies de anfibios, lo cual ilustra la variedad faunística.

##### a) Mamíferos

Después del grupo de las aves, el siguiente en abundancia son los mamíferos (22 especies), con amplios rangos de distribución geográfica y asociados a ambientes perturbados. Las poblaciones más susceptibles a los emplazamientos eólicos son los murciélagos, los roedores y los carnívoros.

Las plantas eólicas afectan a los mamíferos no voladores debido a la transformación y eliminación del hábitat, se presentan muertes por atropellamiento y un aumento en los incidentes de cacería. La presión recaerá

<sup>99</sup> La unidad ambiental corresponde a cada tipo de vegetación dominante (INECOL, 2003).

<sup>100</sup> Las especies en **peligro de extinción**, son aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural. Las **amenazadas**, son las poblaciones en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en el tamaño de la población. Las sujetas a **protección especial** están amenazadas por factores negativos que inciden en su viabilidad, por lo cual requieren de medidas especiales que propicien su recuperación y conservación (SEMARNAT, 2002).

<sup>101</sup> Esta sección está basada en el estudio de INECOL, 2003.

en el venado cola blanca, el pecari, el armadillo, el conejo castellano y el grupo de los carnívoros aunque de manera diferencial dependiendo de la ubicación geográfica, ya que los ejidatarios del poblado La Venta, están restringiendo la cacería, lo cual no ocurre en el ejido Santo Domingo Ingenio, por ejemplo.

Las centrales se están ubicando en terrenos cubiertos por ABTC y las AA. La fauna asociada a estos ambientes será directamente afectada. En el acahual existen 4 especies exclusivas, 8 son compartidas con las áreas agrícolas, 19 con el BTC y alberga 16 especies presentes en todos los ambientes del área de estudio, entre ellas se incluyen especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001: en la categoría de amenazadas el murciélago orejón garganta amarilla, el trompudo y el hocicudo de Curazao, el puerco espín tropical y la tuza; en peligro de extinción, el oso hormiguero, el tigrillo y el cabeza de viejo; en protección especial la martucha.

#### b) Anfibios y reptiles

La remoción de vegetación en la construcción de instalaciones eólicas deja a los anfibios y reptiles expuestos a sus depredadores y a otros peligros derivados de la invasión humana como resultado de la pérdida de charcas y de su menor capacidad de desplazamiento. En el área se distribuyen 13 especies de anfibios y 50 especies de reptiles, ambos grupos están asociados principalmente al BTC y al ABTC. Sujetos a protección especial están el sapo verrugoso, la iguana verde, la lagartija nocturna amarillopunteada, la víbora de cascabel, la tortuga escorpión, el lagarto enchaquirado y la boa mazacuata.

#### c) Aves

Las aves se encuentran casi en cualquier lugar, pero cada especie es única en relación a su ecología y distribución. Las zonas tropicales –como el Istmo - son las que albergan la mayor riqueza de especies. En el presente más de 1,200 especies de aves están amenazadas globalmente, principalmente por la agricultura (87%), tala de árboles (55%) y especies invasoras (51%) (BIRDLIFE, 2008b:10).

En la producción eoloeléctrica algunos estudios señalan como causa directa de la mortandad de aves las colisiones con las aspas en movimiento, con las torres y líneas eléctricas de evacuación. La instalación de aerogeneradores en una zona provoca que las aves eludan utilizarla, implicando una pérdida importante de su hábitat y en caso de no encontrar un lugar alternativo, puede disminuir su éxito reproductor y su supervivencia. Los parques eólicos son una barrera en la movilidad de las aves, fragmentan la conexión entre las áreas de alimentación, invernada, cría y muda, causando un gasto energético que merma su estado físico (LUCAS, 2009).

El Istmo es una zona particularmente alta en diversidad de especies de aves residentes y migratorias, presentando el 33.5% de la avifauna que ocurre en todo el país. La razón radica en que estas especies generalmente se encuentran asociadas a zonas inundables como el BG o a ambientes con cierto grado de complejidad estructural como el BTC, las áreas de vegetación secundaria (Acahual) y en las AA.<sup>102</sup>

<sup>102</sup> Se contabilizaron en un sólo día 690,000 individuos en el predio de La Venta II, pertenecientes a 116 especies diferentes de avifauna, las de mayor frecuencia son la tórtola colilarga, el zanate mexicano y el gorrión cachetinegro.

Birdlife International coloca al Istmo de Tehuantepec en la categoría de Áreas Endémicas de Aves en el Mundo<sup>103</sup> (STATTERSFIEL et al. 1998), cuyo espacio forma parte de un corredor biológico de gran importancia donde convergen todas las rutas migratorias de América del Norte. El 25% de las aves migratorias norteamericanas invernan solamente en México, 20% lo hacen en México y Centroamérica, 16% en Centroamérica y el Caribe, y el 39% lo hace en México y las islas del Caribe o en Sudamérica, lo cual permite afirmar que el territorio mexicano es el lugar más importante de refugio para las aves migratorias de EUA y Canadá.

La mayoría de las aves residentes cuentan con amplia distribución geográfica en México, excepto el troglodita selvático cuevero, el gorrión oaxaqueño istmico y el colorín azul y rosa, especies endémicas del Istmo de Tehuantepec. Éstas y las aves rapaces (el zopilote aura, el aguililla de swainson y el aguililla de alas anchas) son consideradas las más frágiles en el área de estudio, ya que son especies con bajos niveles de fecundidad.

De acuerdo con registros de aves *in-situ*, en el área existen 16 especies migratorias en riesgo de colisión, de las cuales 9 están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en peligro de extinción: el halcón peregrino, el gavilán migratorio menor, el gavilán migratorio mayor, el milano plumizo, el aguilucho langostero (aguililla migratoria mayor), el águila de alas anchas, la cigüeña americana, el milano boreal y el milano tijereta.<sup>104</sup>

Estudios realizados en La Venta durante tres temporadas migratorias de otoño en el periodo 2003-2007, arrojaron la presencia de más de 5 millones de rapaces migratorias, principalmente zopilotes de cabeza roja, aguilillas de Swainson y gavilanes de ala ancha, cuyas altitudes de vuelo fueron máximo de 70 m, frente a los 90 m de altitud de los aerogeneradores instalados en la zona (VILLEGAS-PETRACA, 2007).<sup>105</sup>

Considerando que el Istmo de Tehuantepec es un paso de aves migratorias, sería deseable atender la recomendación del Servicio de Caza y Pesca de los Estados Unidos, según la cual no se debe construir centrales eólicas en las rutas migratorias en atención a las probabilidades de colisión de la avifauna (VILLEGAS-PETRACA, 2007; BIRDLIFE, 2008<sup>a/b/c</sup>; VILLEGAS et. al., 2006; INECOL, 2003). Sin embargo, dado que la producción eléctrica fósil es causante de la mortandad de muchas especies de aves por los contaminantes emitidos, aunado a los extensos planes eólicos del gobierno federal y estatal sobre la zona, no cabe esperar una cancelación del proyecto, aunque sí se pueden aplicar medidas de mitigación.

Recientemente se comenzó a utilizar un radar marino que brinda precisiones de alturas de vuelo y datos

<sup>103</sup> Es definida como un área en que coincide la reproducción de dos o más especies de distribución restringida. Un total de 218 de EBA (Endemic Bird Area) han sido identificadas en el mundo. El 77% de EBA están ubicadas en los trópicos y subtropicos (Indonesia, México, Brasil, Perú, Colombia, Papua Nueva Guinea y China).

<sup>104</sup> Otros instrumentos internacionales: Lista Roja de Especies Amenazadas de la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN); y los apéndices I, II y III, de la *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES), controla el comercio de especimenes de ciertas especies. El troglodita selvático cuevero está en peligro crítico y el halcón peregrino en amenaza de extinción, el gorrión oaxaqueño istmico en menor riesgo y la chachalaca vetula es protegida en Guatemala y Honduras por su valor comercial.

<sup>105</sup> En INECOL (2003), proponen como altura máxima de los aerogeneradores 150 m. Esto fue una recomendación basada en estudios internacionales y no en las especificidades de la zona en cuestión.

acerca de cómo se comportan los pájaros durante su paso por el Istmo de Tehuantepec. Tiene un alcance de hasta 120 kilómetros y es la primera vez que en Latinoamérica se utiliza, a pesar de que EUA, Canadá y Europa llevan más de 12 años usándolos. La información obtenida por este medio permitirá establecer las normas de construcción y operación de los parques eólicos en el Istmo, ya que abarca el comportamiento de las aves con relación a los aerogeneradores, la ubicación de las rutas migratorias entre Canadá, EUA y México, la identificación de rutas migratorias establecidas en México, condiciones y alturas de vuelo y flujos de viento.

## 4.5 Conclusión

La energía eólica proporciona únicamente el 1% de la producción eléctrica de México. Actualmente, se están construyendo granjas en Nuevo León y Baja California, pero la zona de La Ventosa, Oaxaca, concentra el mayor número de proyectos, pues cuenta con excelentes características de viento y casi nula probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría, lo cual proporciona altos factores de planta con pocos riesgos haciendo rentable la generación eoloeléctrica incluso en ausencia de ayudas gubernamentales especiales (factor de planta de 50% debido a velocidades de viento promedio anuales de 10 m/s).

El impulso de la energía eólica llegó cuando se concibió al viento como una opción útil en la reducción de la dependencia de los hidrocarburos, en la mitigación del cambio climático y en la ampliación de la cobertura eléctrica en comunidades aisladas y excluidas del desarrollo económico. La manifestación más clara fue la inclusión del tema en las negociaciones de corredores energéticos regionales e interregionales (el Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica y la ASPAN). Ambos establecen un área geográfica y económica que combina la producción a gran escala de energía en las zonas más aptas y el comercio de los excedentes hacia los grandes consumidores, facilitando dicho flujo a partir de la construcción conjunta de infraestructura *ad hoc*.

La Iniciativa tiene como proyecto emblemático la interconexión de las redes de transmisión eléctrica desde México hasta Colombia, en donde el Corredor Eólico podría canalizar sus excedentes energéticos hacia los países centroamericanos. Asimismo, los convenios energéticos con el hemisferio norte continental sobre ampliación del comercio e interconexión energética han vislumbrado el aprovechamiento eoloeléctrico en el norte del país como una opción inicial para cubrir cuotas de energía limpia de algunas empresas de electricidad en los estados de EUA donde son obligatorias, pero también buscan influir en la legislación mexicana instaurando cuotas de ER que dinamicen el comercio eléctrico aumentando las ventas de las empresas norteamericanas. Aquí el papel del Corredor sería probar las ayudas especiales a la producción eólica sin poner en riesgo la rentabilidad de dichos proyectos.

El gobierno de Oaxaca ha sido muy activo en la introducción de la energía eólica en su territorio, ya que busca ampliar la cobertura del servicio alcanzando una mejor posición dentro del ranking nacional de desarrollo

humano (actualmente, es uno de los estados de la República con mayor índice de marginación). También ambiciona mostrar que la zona es apta a la inversión en proyectos productivos, por lo que intenta favorecer el desarrollo de una actividad industrial en la zona fundamentada en la manufactura de componentes eólicos, mano de obra calificada y una base tecnológica propia con el objetivo de satisfacer los requerimientos nacionales y continentales.

La presencia de empresas transnacionales como Endesa, Iberdrola, Unión Fenosa, Électricité de France, Eurus, etc.; el discurso gubernamental de la “no privatización del servicio público de energía eléctrica” frente al acaparamiento del 50% de la producción de electricidad destinada al servicio público por los PIE; el pago del alquiler de la tierra para parques eólicos por debajo de lo acostumbrado internacionalmente (2-3% del ingreso bruto por la venta de la energía); y un convenio del gobierno de México con el Banco Mundial dirigido a subsidiar el kWh de los autoprodutores, refuerzan la oposición istmeña que además de izar la bandera político-social adhieren la ecológica y defienden la preservación del paisaje natural, la vegetación, la fauna y todos los servicios ambientales asociados. Sin embargo, omiten considerar las ventajas ecológicas de los parques eólicos frente a otras formas de producción eléctrica altamente contaminantes y que afectan negativamente los aspectos por los que pugnan (el tema que será abordado en el capítulo siguiente).

Una posición novedosa en la lucha de la población del Istmo es el intento por construir un proyecto colectivo de producción eoloelectrónica incluyente con el cual mejorar sus condiciones de vida, pues por ahora los más beneficiados con la renta de la tierra son los poseedores de grandes extensiones. Esto abre un hito en la organización y participación colectiva de Oaxaca que con ayuda de las redes sociales establecidas con el extranjero podría cristalizarse en un futuro no muy lejano, pues cuenta con el visto bueno de las autoridades con tal de desactivar la resistencia (aunque no el apoyo oficial).

Independientemente de todo esto, la introducción eólica en manos transnacionales es un hecho consumado. La Temporada Abierta consolidó la construcción de infraestructura adicional para el porteo y transmisión de energía en la red eléctrica del servicio público necesaria en la evacuación de la energía producida en los proyectos eólicos.

## 5. El modelo comparativo de tecnologías de generación eléctrica en México

### Objetivo:

Desarrollar una herramienta de análisis financiero que permita comparar las tecnologías de generación eléctrica basadas en viento, combustóleo, gas y carbón, considerando -además de los elementos financieros- el factor de planta y la potencia instalada, el consumo de agua y combustibles, el pago del bono de carbono y el alquiler del terreno, entre otros.

### 5.1 Introducción

El capítulo se divide en dos partes vitales. En la primera, se presentan los aspectos ambientales relacionados con la generación eléctrica eólica y térmica (carbón, gas y combustóleo), en términos de materiales, agua, terreno, eficiencia, contaminación e impacto en la salud. En la segunda, se diseña y aplica el Estudio de Retorno a la Inversión en Generación de Energía Eléctrica (ERIGEE), basado en herramientas clásicas del estudio de rentabilidad de una inversión, mediante el cual se compara la inversión en tecnologías a partir del viento, carbón, gas y combustóleo en el contexto mexicano, exhibiendo su sensibilidad frente a cambios en la tasa de interés, el precio del kWh y el precio del combustible.

### 5.2 Una aproximación ambiental a la producción eléctrica

La producción eléctrica es una de las industrias más contaminantes del mundo. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión ambiental en la que se identifican los impactos medioambientales de un proceso a lo largo de todas las fases de su vida (metodología ISO 14.040), conocido como el estudio “de la cuna a la tumba”.

En el ACV de los sistemas de generación de electricidad se considera la obtención de las materias primas (minería y extracción), el procesamiento en la elaboración del combustible y su transporte; la construcción de la central (obras y equipamientos), producción de electricidad y generación de emisiones residuales; y el desmantelamiento y transporte de los residuos para su reciclaje o depósito (APPA, 2005). Permite comparar y valorar las ventajas o desventajas de utilizar un tipo de tecnología u otra en la producción de electricidad, minimizando al máximo el impacto ambiental y los costos económicos asociados.

Se consultó el ACV del sector eléctrico español medido en “ecopuntos”.<sup>106</sup> A mayor cantidad de ecopuntos, mayor impacto ambiental y, a la inversa, están los sistemas más amigables con el medio ambiente. De acuerdo

<sup>106</sup> Se observa que es una unidad de penalización ambiental. Los ecopuntos por Terajoule producido miden el impacto ambiental en los sistemas de generación eléctrica. 1 Terajoule = 278 MWh de electricidad producido,  $3597.12J = 1Wh$ , ó  $1J = 0.000278Wh$ .

con la Tabla 18, las ER de menor impacto sobre el entorno son la mini-hidráulica y la eólica. En el caso de las no renovables se observa mayor efecto negativo en el lignito, seguido por el combustóleo y el carbón. La contaminación de la energía nuclear es superior al gas natural y cualquiera de las ER consideradas en el estudio. Estos datos revelan por qué en las discusiones sobre las fuentes energéticas futuras se insiste en incluir –en el mayor porcentaje posible- a las ER.

Tabla 18.- ACV de la producción eléctrica en España y su impacto ambiental													
Clasificación	Recurso	Ecopuntos	Impactos ambientales										
			Calentamiento Global	Disminución capa ozono	Acidificación	Radiaciones ionizantes	Degradación calidad de aguas*	pesadosContaminación metales	Sustancias carcinógenas	Niebla verano <sup>107</sup>	Niebla Invierno <sup>108</sup>	Generación residuos**	Agotamiento recs. Energéticos
No renovables	Lignito	1735	c		c								
	Combustóleo	1398	c		c								
	Carbón	1356	c		C								
	Nuclear	672											
	Gas natural	267	c		C								
Renovables	Fotovoltaica	461				m	m						
	Eólica	65											
	Mini hidráulica	5											
Grande		*marinas, continentales, eutrofización											
Significativo		**incluye residuos radiactivos											
Pequeño		m: minería											
Negligible		c: explotación central											
Fuente: APPA, 2005:16.													

El análisis de la distribución de los colores en el impacto ambiental muestra a primera vista que los cuadros con color intenso o más contaminantes se concentran en la parte dedicada a las energías no renovables, mientras los claros o menos contaminantes corresponden a las ER.

La responsabilidad de cada sistema de producción depende de la fuente de energía: el calentamiento global es causado en 99% por el lignito, carbón, petróleo y gas natural, debido a sus emisiones de CO<sub>2</sub> y metano en las fases de transporte y combustión; el combustóleo contribuye en 85% a la disminución de la capa de ozono por sus emisiones de halones y clorofluorocarbonos (CFC)<sup>109</sup>, sustancias usadas como retardadores de llama y

<sup>107</sup> También conocida como niebla fotoquímica. Es provocada por altas concentraciones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en combinación con una fuerte radiación solar, lo cual influye en la concentración de ozono superficial, fenómeno ligado a las altas temperaturas estivales (APPA, 2005:9).

<sup>108</sup> Es provocada por la elevada concentración en el aire de óxido de azufre y partículas suspendidas de la industria y el transporte. Estas sustancias actúan como núcleos de condensación del vapor de agua en condiciones de alta humedad y bajas temperaturas, suelen producirse en invierno (*Ibid.*)

<sup>109</sup> La energía nuclear también utiliza los CFC en el proceso de enriquecimiento del uranio por difusión gaseosa y en los sistemas de refrigeración de las plantas.

aditivos; el lignito, carbón y combustóleo inciden en 98% en la acidificación debido al azufre que producen en las fases de minería y combustión; los fósiles emiten el 98% de los fosfatos y nitratos durante la combustión provocando eutrofización<sup>110</sup> del agua; el 85% de los metales pesados proceden del carbón y combustóleo, ya que contienen cadmio, plomo y bario; el combustóleo es responsable del 80% de las sustancias carcinógenas; la niebla de invierno se asocia a los fósiles (excepto el gas natural) por la emisión de óxido de azufre y partículas; la niebla de verano deriva del combustóleo en 80%; el 96% de la radiactividad y los residuos derivan de la nuclear; y el 97% de los residuos industriales corresponden al carbón y el lignito (tóxicos-peligrosos) (APPA, 2005: 18 y ss).

Comúnmente, los estudios sobre energía eólica consideran la mayoría de los costos asociados incluyendo los ambientales, a diferencia de lo que ocurre en los dedicados a las tecnologías termoeléctricas fósiles, pues normalmente quedan fuera de la contabilidad todas aquellas obras que son subsidiadas por el gobierno, la población o la naturaleza (p.e. terrenos expropiados, caminos de acceso, ductos de combustible, líneas de transmisión, subestación elevadora, infraestructura y servicio de agua, contaminación atmosférica, restauración del ambiente, etc.).

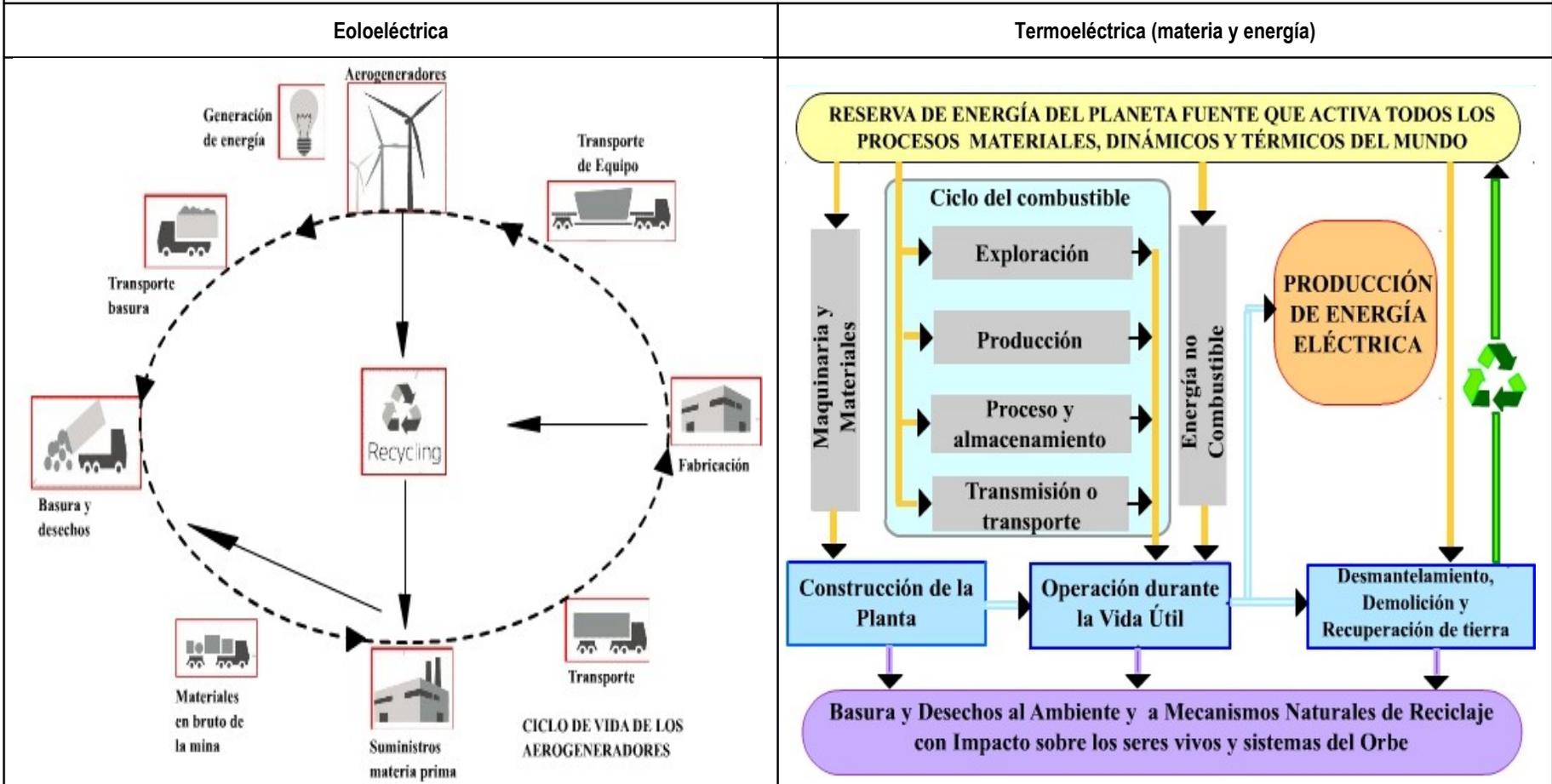
En la Ilustración 3, se expresan gráficamente los elementos que el ACV de la tecnología termoeléctrica fósil debe considerar y se compara con el de la eoloeléctrica. Como se observa, el almacén de materia y energía del planeta aporta a la generación eléctrica cuatro grandes flujos: primero, los materiales necesarios para la construcción de la maquinaria y cimentación de la planta; segundo, los combustibles utilizados en la operación, que a su vez requirieron energía en la exploración, transporte, producción y almacenamiento; tercero, la materia y energía no combustible; y cuarto, la materia y energía empleada en el desmantelamiento de la planta y el reciclado de materiales.

Cada proceso excreta desechos sólidos, líquidos y gaseosos con efecto sobre los seres vivos y los sistemas naturales del planeta, algunos son absorbidos y transformados mediante ciclos naturales o métodos artificiales, siendo reintegrados al almacén de materia y energía del planeta aunque como energía o materia de baja calidad.

---

<sup>110</sup> Proceso de acumulación de nutrientes en el agua, lo cual provoca un crecimiento masivo de organismos (algas) y la disminución de oxígeno.

Ilustración 3.- ACV de las tecnologías de generación eléctrica eólica y térmica (combustóleo, gas y carbón)



### Cuadro 1.- Características del aerogenerador Vestas V90-3MW

- |                                                       |                         |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| •Potencia de 3.0 MW (3,000 kW).                       | -Frecuencia de 60Hz.    |
| •Tipo asíncrono de rotor devanado con escobillas.     | -Tensión de 1000 Volts. |
| •Corriente nominal de 1,842 amperes.                  | -Eficiencia 0.94        |
| •Factor de potencia 0.98 inductivo a 0.98 capacitivo. | -4 polos.               |
| •Velocidad angular nominal 1758 rpm                   | -Rotor de 90 m          |
| •Velocidad angular hélice 8.6-18.4 rpm                |                         |

La velocidad del viento mínima de arranque es de 4 m/s, la media nominal de 15 m/s y la máxima de corte 25 m/s.

El rotor pesa 41,000 kg y requiere vientos de 4 m/s para comenzar a girar y vencer la inercia.<sup>111</sup> Una vez girando, la inercia se opone a cambios repentinos en la velocidad, variaciones de 1-3 m/s tienen poco efecto en la velocidad angular de la hélice, la cual puede ser disminuida o frenada por medio del ajuste del ángulo del alabe (pitch o freno aerodinámico).<sup>112</sup> La velocidad de la hélice debe ser baja con el objetivo de disminuir el ruido, el efecto estroboscópico, la colisión de aves, entre otros.

El equipo utiliza un generador eléctrico asíncrono de inducción de rotor devanado con escobillas, permitiendo a la hélice girar +/-30% de las revoluciones de la velocidad sincrónica y suministrar mayor energía a la red, reduciendo las fluctuaciones no deseadas. Existen en el mercado otras tecnologías que utilizan la velocidad constante, generador sincrónico y con embobinados convertibles de 4 a 6 polos para ajustarse a las fluctuaciones de la velocidad del viento.

El generador de 4 polos gira a 1,800 rpm, mientras uno de 6 polos a 1,200 rpm, de 8 polos a 900 rpm y de 12 polos a 600 rpm, la fórmula de la velocidad angular sincrónica referida a la frecuencia<sup>113</sup> es:

$$\omega = 120 * f(\text{Hz}) / \text{No. polos} = 120 * 60 / 4 = 1800 \text{ rpm}$$

$$\omega = 120 * f(\text{Hz}) / \text{No. polos} = 120 * 60 / 12 = 600 \text{ rpm}$$

Los generadores de 4 polos son los más comunes, con mayor eficiencia eléctrica y menor costo. Este generador tiene el mayor avance en el estado del arte de la tecnología actual, sin embargo, el desarrollo de la electrónica de potencia combinado con avances en electricidad y mecánica anticipan mejoras en la eficiencia en la generación eólica.

En el presente están teniendo auge los generadores asíncronos sin escobillas de polos devanados o de imán permanente, de velocidad variable y que entregan energía a cualquier velocidad del viento a un convertidor electrónico (rectificador) de corriente directa, después esta corriente directa es transformada a corriente alterna de la frecuencia requerida por medio de un convertidor electrónico (inverter drive), cuyo desarrollo inicial convirtió los motores de inducción de velocidad angular fija (a la frecuencia de la red), a velocidad variable por medio de cambiar la frecuencia de alimentación. Esta tecnología se está utilizando en instalaciones pequeñas fuera de la red porque permite tener un banco de baterías de almacenamiento de energía y en instalaciones marítimas con el fin de ahorrar líneas de interconexión (cobre y aislamientos), transmitiendo energía en corriente directa y posteriormente convirtiéndola a corriente alterna a la frecuencia de la red de transmisión.

Fuente: VESTAS, 2004 y ABB, 2005.

La diferencia clave entre ambas tecnologías es que la eólica no participa en el ciclo de combustible, porque aprovecha la fuerza motriz del viento producido por el sistema natural climático de la tierra. Sin embargo, el equipo eoloelectrico por factor de escala<sup>114</sup> y factor de planta<sup>115</sup>, llega a requerir hasta 50% más cobre y hierro

<sup>111</sup> La inercia es una propiedad que tienen los cuerpos de mantener su estado de reposo o movimiento.

<sup>112</sup> La punta del alabe corta el viento a 312 km/h cuando el rotor gira a 18 rpm, poner los alabes paralelos a la dirección del viento frena la hélice en una o dos vueltas.

<sup>113</sup> Se trata de la velocidad angular de sincronismo, en los generadores asíncronos esta velocidad puede ser: en los de rotor devanado +/-30%, o superior a +/-30% en los generadores sin escobillas (brushless) de imán permanente o polos devanados.

<sup>114</sup> El factor de escala se refiere al tamaño de los generadores, una pieza de generador termoeléctrico de 300,000kW (1.985 kg/kW) se compara con 100 piezas de generador eoloelectrico de 3,000kW (2.833 kg/kW). El generador termoeléctrico por su tamaño, requiere 30% menos kilogramos de material (cobre y hierro) en su construcción.

<sup>115</sup> Ninguna planta generadora funciona al 100%, mientras la termoeléctrica genera de 65% a 70% (factor de planta), el factor de planta de la eoloelectrica anda de 30% a 40%, porque depende del impredecible viento. Se requieren generadores eoloelectricos de mayor potencia nominal para generar la misma cantidad de kWh que una termoeléctrica.

para producir la misma cantidad de kilowatts-hora (kWh) generados con un sistema termoeléctrico; en contra parte, la térmica requiere grandes cantidades de agua tratada en el proceso de enfriamiento.

En los apartados siguientes, se realiza una comparación más detallada de las tecnologías de generación eléctrica consideradas en este estudio a partir de: el ACV del aerogenerador Vestas V90-3.0MW (Cuadro 1), similar a los utilizados en México, con datos obtenidos en las plantas marina y terrestre ubicadas en Horns Reef, Dinamarca<sup>116</sup> y complementada con información obtenida en los emplazamientos del Istmo de Tehuantepec; en el caso del ACV de las termoeléctricas no se encontró un texto suficientemente convincente, por lo cual los datos se construyeron con información de los fabricantes, del Balance Nacional de Energía de México y de la termoeléctrica de CFE Villa de los Reyes, San Luis Potosí, principalmente.

### 5.2.1 Materiales y energía fósil

La construcción e instalación de aerogeneradores es intensiva en materiales. Un equipo de 3.0 MW de potencia en un emplazamiento en tierra pesa 1,593 toneladas: el 60% del peso se deriva del hierro y el acero utilizado, el porcentaje restante es cobre, fibra de vidrio, aluminio, entre otros (Tabla 19). El tonelaje varía de acuerdo con las condiciones particulares del sitio de instalación como resultado de las diferencias en los cimientos, altura del eje motriz y resistencia de la torre a las ráfagas de viento (Tabla 20).

**Tabla 19.- Vestas V90-3.0 MW: materiales**

Componente	toneladas de material					
	Acero	Hierro	Cobre	Aluminio	Fibra Vidrio	Total
Torre 105m	275					275
Alabes					7.25	7.25
Núcleo hélice		8.5				8.5
Cono Nariz					11.5	11.5
Generador eléctrico	5.525		2.975			8.5
Caja de engranes	22.54		0.23	0.23		23
Armazón góndola	31.45		1.48	2.96	1.11	37
Total de material	334.52	8.50	4.69	3.19	19.86	370.75
Concreto reforzado						1200

Fuente: Elaboración propia con datos de BATUMBYA *et al.*, 2006.

**Tabla 20.- Peso de los componentes del aerogenerador**

Componente	Torre 105 m (tierra)*		Torre 80m (mar)
	DIBt-II	IIEC-IIA	IEC-IA
Torre	235	285	156
Góndola	68	68	68
Rotor	40	40	40
Cimientos	1,200	1,200	203
Total (ton)	1,543	1,593	467

\*cimientos de concreto  
Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

Las instalaciones marítimas son más productivas debido a que están sujetas a cambios menos repentinos de viento, ello incrementa su vida útil de 20 a 25 años, con generación de 28,460 a 35,583 GWh durante toda su vida, bastante mayor en comparación con los generadores terrestres (15,780 GWh/20 años). Sin embargo, si se

<sup>116</sup> Cada área esta formada por 100 aerogeneradores, cuya producción marina es de 1,423 GWh/a (factor de planta 54.16%) y terrestre de 789 GWh/a (factor de planta 30.02%). Las plantas tienen una potencia instalada de 300 MW (FORCE TECHNOLOGY, 2006).

comparan los materiales empleados en la construcción de un parque de 300 MW la relación cambia, resultan más convenientes los aerogeneradores en tierra firme pues se requieren menos materiales en las turbinas y en la transmisión (Tabla 21).

<b>Tabla 21.-Materiales empleados en el parque eólico de 300MW*</b>				
	Parque marítimo		Parque terrestre	
	Turbina	Transmisión	Turbina	Transmisión
Materiales	kg/turbina	kg/granja	kg/turbina	kg/granja
Agua	11,300,000	188,000,000	7,460,000	111,000
Carbón fuerte	186,000	1,650,000	96,700	0
Hierro	117,000	48,400	6,230	32
Petróleo	99,600	6,560,000	79,400	10,700
Arena de cuarzo	93,300	54,500	92,700	1.80
Lignito	76,300	1,160,000	51,500	430
Gas natural	87,500	1,350,000	62,200	3,390
Grava	34,000	114,000	14,800	302
Cloruro de sodio	13,200	78,300	12,800	260
Zinc	11,200	24,400	2,080	0
Arcilla	8,370	21,100	8,370	15
Piedra	2,800	1,250,000	557,000	0
Manganeso	2,520	13,300	1,890	0.19
Aluminio	1,950	122,000	781	129
Cobre	551	203,000	525	532
Plomo	4.33	86,000	4.17	0
<b>Total</b>	<b>12,034,295</b>	<b>200,735,000</b>	<b>8,446,980</b>	<b>126,792</b>

\* Basado en el parque eólico de Horns Reef en Dinamarca.  
Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

Si se consideran los materiales utilizados por cada kWh generado (Tabla 22), se obtiene en la instalación marítima un total de 52.5 gramos y en la terrestre 57.6 gramos de materiales por cada kWh generado, subrayando la ventaja de las instalaciones marítimas sobre las terrestres. Aunque la energía eólica se encuentra entre las fuentes más limpias de generación eléctrica, la realidad es que tiene un impacto sobre los recursos y el medio ambiente. Quién pensaría que la energía eólica consume casi 50 mililitros de agua limpia, 700 miligramos de carbón, 600 miligramos de petróleo y cerca de 400 miligramos de gas natural por cada kWh producido.

En el terreno de la especulación se puede considerar que el equipo de generación térmica de 300 MW (caldera, chimenea, tuberías del circuito de vapor, turbina de vapor y generador eléctrico), consume el equivalente al material de todas las góndolas eólicas de un parque terrestre de la misma dimensión; que los equipos de bombeo de agua y combustible, las tuberías del sistema de enfriamiento de vapor, el condensador, los tanques de la planta de tratamiento de agua, los tanques y tuberías de combustible, los cimientos y el edificio sean una fracción de los materiales usados en las torres eólicas y que todo el equipo eléctrico de transformación, control, transmisión y la subestación sean bastante aproximados a los usados con el mismo propósito en el parque eólico (Cuadro 2).

Parque Marítimo		Terrestre	Parque Marítimo		Terrestre
Material	g/kWh	g/kWh	Material	g/kWh	g/kWh
Agua limpia	49.346	51.231	Piedra	0.055	3.531
Carbón duro	0.74	0.643	Zinc	0.041	0.013
Petróleo	0.63	0.541	Arcilla	0.031	0.054
Fierro	0.419	0.04	Aluminio	0.011	0.005
Gas natural	0.375	0.42	Manganeso	0.01	0.012
Arena de cuarzo	0.335	0.588	Cobre	0.009	0.004
Lignito	0.324	0.344	Cloro	0	0.002
Grava	0.126	0.096	Plomo	0.003	0
Cloruro de sodio	0.051	0.084	<b>Total</b>	<b>52.506</b>	<b>57.608</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

**Cuadro 2.- ACV de un parque de 300 MW y de cada aerogenerador**

*Marítima: Total materiales ACV parque =  $(52.5 \cdot 10^{-6} \text{ (t/kWh)}) \cdot (28,460 \cdot 10^6 \text{ (kWh/vida)}) = 1,494,150 \text{ (t)}$*

*Por cada aerogenerador instalado materiales ACV =  $1,494,150 \text{ (t)} / 100 = 14,941.50 \text{ (t)}$*

*Terrestre: Total materiales ACV parque =  $(57.6 \cdot 10^{-6} \text{ (t/kWh)}) \cdot (15,780 \cdot 10^6 \text{ (kWh/vida)}) = 908,928 \text{ (t)}$*

*Por cada aerogenerador instalado materiales ACV =  $908,928 \text{ (t)} / 100 = 9,089.28 \text{ (t)}$*

*Observar que los materiales del ciclo de vida en relación con los materiales del aerogenerador son:*

*Marítima =  $14,941.5 \text{ (t ACV)} / 467 \text{ (t aerogenerador)} = 31.99 \text{ veces}$*

*Terrestre =  $9,089.28 \text{ (t ACV)} / 1,593 \text{ (t aerogenerador)} = 5.7 \text{ veces}^{117}$*

Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

Entonces resulta que la generación térmica contiene 65% (590,803 t) de los materiales de un parque eólico terrestre de la misma capacidad (cálculos propios), sin contar los kilómetros de las tuberías correspondientes a los ductos de combustible, agua y drenaje de acometida a la central. Ambas tecnologías son portadoras de una cantidad de energía fósil derivada de la fabricación de sus componentes y asociada a un paquete de contaminantes vertidos en la atmósfera y el agua.

El caso de Vestas V90-3.0MW es singular porque el fabricante se preocupó de que un porcentaje considerable de la energía implicada en la manufactura tuviera su origen en ER (69%). El 54% fue obtenido de centrales hidroeléctricas de Noruega, 14% de eoloelectricidad danesa, 1% energía libre de CO<sub>2</sub> Noruega y el 31% de energía convencional. Esta previsión disminuyó el impacto ecológico del aerogenerador, el off-shore consume 8 millones 98 mil 391 de kWh/turbina y el on-shore 4 millones 304 mil 222 kWh/turbina (Tabla 23).

<sup>117</sup> Los materiales implicados en un parque eólico en operación son superiores a los contenidos en los aerogeneradores. La valoración del ACV incluye todas las externalidades de operación y desecho.

Combustibles fósiles	Marítimo	Terrestre
Petróleo	2.87E-02	2.46E-02
Carbón	2.25E-02	1.95E-02
Lignito	3.17E-03	3.38E-03
Gas Natural	2.02E-02	2.24E-02
Energía Nuclear	2.02E-02	2.05E-02
Energía Renovable		
Biomasa seca, combustible	8.68E-04	7.29E-04
Biomasa seca, sin refinar	1.43E-05	2.54E-05
Madera seca, sin refinar	7.09E-05	1.26E-04
Energía primaria Hidroeléctrica	5.49E-03	6.07E-03
Energía primaria Eoloeléctrica	2.54E-07	4.51E-07
Combustibles renovables	1.17E-08	2.08E-08
Total (MJ/kWh producido)	1.01E-01	9.73E-02
Total (kWh/kWh producido)	2.85E-02	2.73E-02
Total (kWh/turbina) en la vida	8,098,391	4,304,222

Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

Emisiones (g/kWh producido)	Marítimo	Terrestre
Emisiones al aire		
Bióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	5.23E+00	4.64E+00
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	2.15E-02	2.18E-02
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	2.06E-02	1.77E-02
Monóxido de carbono (CO)	1.99E-02	8.13E-03
Emisiones orgánicas (grupo VOC)	1.25E-02	1.47E-02
Óxido Nitrógeno (gas de la risa)	1.73E-04	1.82E-04
Cloruro de hidrogeno	1.21E-04	1.80E-04
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	1.03E-04	7.26E-05
Hidrogeno	9.48E-05	1.56E-04
Sulfuro de hidrogeno	7.45E-05	3.18E-05
Manganeso	7.02E-05	2.04E-05
Emisiones al agua		
Total N	2.58E-06	1.46E-06
Total P	3.20E-08	2.93E-08
Demanda química de oxígeno(COD)	2.41E-03	2.57E-03

Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

## 5.2.2 Emisiones contaminantes y salud

La generación eoloeléctrica lanza a la atmósfera 5.23 g de CO<sub>2</sub>/kWh (Tabla 24) incluyendo la emisión durante la manufactura de sus componentes. En cuanto a las termoeléctricas, probablemente su tecnología sea menos intensiva en materiales en comparación con la eoloeléctrica, por lo que la contaminación de su manufactura puede ser irrelevante (se desconoce el dato preciso); sin embargo, durante el proceso de generación eléctrica produce 925.57 g de CO<sub>2</sub>/kWh si trabaja con carbón, 727.23 g CO<sub>2</sub>/kWh con combustóleo y 512.44 g CO<sub>2</sub>/kWh con gas, contaminando 177, 139 y 98 veces más que la eólica respectivamente (Tabla 25).

La generación eléctrica también es responsable de otros contaminantes (CO, SO<sub>2</sub>, NOx y Partículas) que impactan desfavorablemente la salud de las poblaciones aledañas a las plantas (50 km a la redonda), particularmente aquellas situadas en dirección de los vientos dominantes (Tabla 26). La contaminación con partículas a nivel mundial es responsable del 5% del cáncer de tráquea, bronquios y pulmones, 2% de la mortalidad cardiorrespiratoria y 1% de los decesos por infecciones respiratorias.<sup>118</sup> El ácido nítrico formado a partir de la combinación de agua y óxido de nitrógeno, produce afecciones crónicas e inflamación de las mucosas en los orificios del cuerpo, dolores punzantes, ulceraciones y hemorragias. El bióxido de azufre además de ser responsable de la lluvia ácida, también provoca alergias, daño pulmonar, debilidad extrema con temblor, aftas y hemorragias (VANNIER, 1968).

<sup>118</sup> La OMS (2002) indica que son causantes de 800,000 muertes anuales y de 7.9 millones de años perdidos de buena salud (DALY). Los países menos avanzados soportan el 42% de DALYs.

Combustible	Poder calorífico	Unidades		Unidades	kg CO <sub>2</sub> /GJ	kg CO <sub>2</sub> /kWh	g CO <sub>2</sub> /kWh
Carbón	19,405	MJ/t	1,790.499	kg CO <sub>2</sub> /t	92.27	0.925568	925.57
Combustóleo	6,388	MJ/bl	494.431	kg CO <sub>2</sub> /b	77.4	0.787229	787.23
Gas natural seco	33,913	KJ/m <sup>3</sup>	1.903	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	56.1	0.512441	512.44

\*Medido en base al combustible utilizado.  
Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2008; CMM, 2006; CFE, 2008b.

La *Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México* (SEMARNAT, 2004: 27) señala que estos contaminantes están relacionados con el incremento de días de inactividad de los pobladores, admisiones hospitalarias respiratorias, visitas a las salas de urgencia, morbilidad y mortalidad por afecciones cardiorrespiratorias (bronquitis crónica, cardio-cerebro vasculares, crisis aguda de asma, tos crónica, etc.).

kilogramos por kWh (kg/kWh)			
Emisión	Carbón	Combustóleo	Gas Natural
CO <sub>2</sub>	0.92556	0.78722	0.51244
CO	0.00023	0.00008	0.00007
SO <sub>2</sub>	0.008625	0.00157	0.00000285
NOx	0.0049	0.00115	0.0013
Partículas	0.00131	0.00107	0.00000475

Fuente: elaboración propia, datos SEMARNAT, 2004.

A continuación se presentan tablas por contaminante y sector consumidor que a final de cuentas es responsable de dicha emisión, resultando que el sector industrial es causante de casi el 60%, seguido en orden decreciente por el doméstico (26.21%), comercial (6.34%), agrícola (5.15%) y servicios (3.21%) (Tabla 27 y Tabla 28).

El estudio revela que el costo total del efecto de las emisiones en la salud humana en el año 2000 ascendió a US\$465 millones (US\$5 MWh generado), sin considerar su impacto en materiales, cultivos, ecosistemas, bosques o calentamiento global, suma equivalente a 0.1% del PIB de México y al 4% del gasto público en salud del mismo año (SEMARNAT, 2004: 37). Esta cantidad actualizada al año 2007 arroja US\$478 millones 528 mil 700 pagados por la sociedad a causa de la contaminación ambiental.

Contaminante	Carbón	Diesel	Combustóleo	Gas Natural	Total ton
CO <sub>2</sub>	28,997,139	625,732	36,791,935	48,298,005	114,712,811
NOx	174,609	768	133,449	118,151	426,977
SO <sub>2</sub>	254,707	1,785	1,862,336	244	2,119,073
PM	14,227	688	119,547	--	134,461

Fuente: Elaboración propia, datos SENER, 2008; CMM, 2006; CFE, 2008b; SEMARNAT, 2004.

En la Tabla 28 se divide el costo entre los sectores en base a la energía que consumen y en la Tabla 29 se desglosa equitativamente la cantidad que correspondería pagar a cada cliente, evitando que la sociedad asuma el costo a través de los sistemas públicos de salud o individualmente asistiendo a consulta privada, ausentándose del trabajo, enfrentando la muerte, etc.

Sector	% Contaminación	Carbón	Diesel	Combustóleo	Gas Natural*	Total
Industrial	59.09	92,562	2,027	27,616	160,558	282,763
Doméstico	26.21	41,057	899	12,250	71,217	125,422
Comercial	6.34	9,931	217	2,963	17,227	30,339
Agrícola	5.15	8,067	177	2,407	13,993	24,644
Servicios	3.21	5,028	110	1,500	8,722	15,361
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>156,645</b>	<b>3,430</b>	<b>46,736</b>	<b>271,717</b>	<b>478,529</b>

\*El impacto económico de la termoeléctrica ciclo combinado con gas natural no fue contemplado en el estudio SEMARNAT, 2004. Aquí se tomo como equivalente al 50% del costo de las otras tecnologías.  
Fuente: elaboración propia, datos SENER, 2008 y SEMARNAT, 2004.

Bajo este esquema, el cliente industrial al ser el mayor contaminador le corresponde pagar más (20,018.77 pesos), le sigue el agrícola, servicios, comercial y, por último, el doméstico. El caso agrícola es interesante, el monto total de contaminación por sector se ubica en el cuarto puesto, sin embargo, cuando la suma se divide por número de clientes se coloca en el segundo sitio con un monto de 3,205.45 pesos.

Sector	Clientes	\$MX/cliente	\$US/cliente	Total (M\$US)
Industrial	193,511	20,018.77	1,461.22	282.76
Agrícola	105,329	3,205.45	233.97	24.64
Servicios	151,869	1,385.68	101.14	15.36
Comercial	2,464,201	168.67	12.31	30.34
Doméstico	21,577,677	79.63	5.81	125.42
<b>Total</b>	<b>24,492,586</b>		<b>Total M\$US</b>	<b>478.53</b>
<b>\$US</b>	<b>\$13.70</b>	<b>\$Mx</b>	<b>Total M\$Mx</b>	<b>6,555.84</b>

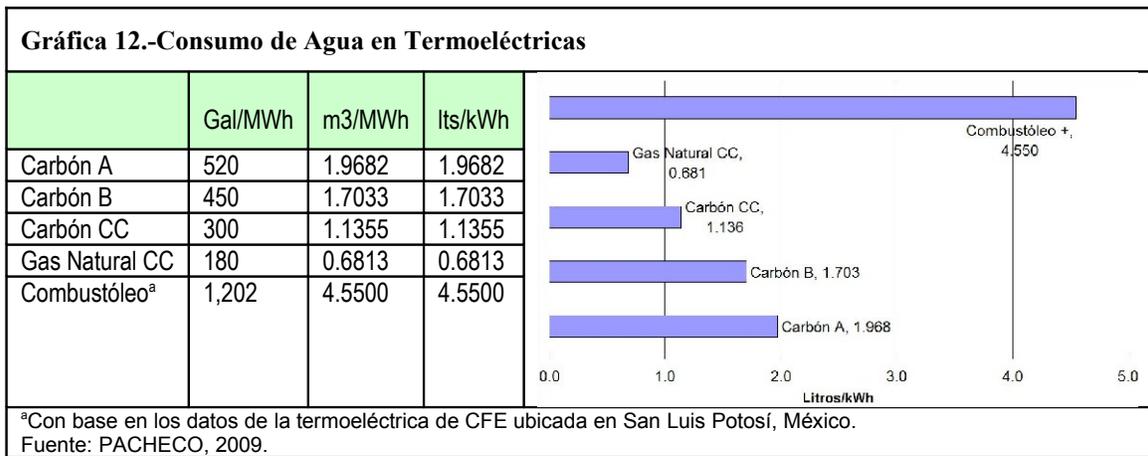
El prefijo M se refiere a millones. \$US= dólares \$MX=Pesos mexicanos  
Fuente: elaboración propia, datos SENER, 2008 y SEMARNAT, 2004.

Actualmente se carece de los mecanismos que obliguen a asumir al contaminador dicho costo, por lo que la sociedad entera lo paga a través de los sistemas públicos de salud. Los sectores más vulnerables sin acceso al sistema de salud pagan de manera individual con quebranto a su economía. Si la contaminación fuera reducida vía la aplicación de tecnología renovable en el ámbito de producción eléctrica, la sociedad ahorraría anualmente 6 millones 555 mil pesos, equivalentes a 478.53 millones de dólares.

### 5.2.3 Consumo de agua

Las centrales termoeléctricas son intensivas en el uso de agua y demandan dos tipos de calidades, la del circuito de vapor es limpia y desmineralizada, por lo que invariablemente requiere tratamiento; la del circuito de enfriamiento utiliza agua salada o agua tratada no potable. No obstante, existen importantes diferencias respecto de la tecnología y fuente de combustible.

La Gráfica 12 exhibe los consumos del vital líquido en la producción termoeléctrica. Llama la atención el dato del combustóleo –obtenido de CFE en el *IV Foro Mundial del Agua (2006)*-, que al ser comparado con la información de otras fuentes parece exagerado. La tecnología con menor uso de agua es la de gas natural por ser ciclo combinado (CC), ocupando menos de un litro de agua por kWh generado (0.6813 lts/kWh) y la carboeléctrica A se ubica como la más intensiva en uso de agua con 1.97 lts/kWh.



En 2005 CFE pagó US\$96.5 millones por consumo de agua, si generó un total 215.63 TWh, de los cuales 66.52% fueron a partir de termoeléctricas, el cálculo del costo resulta en 0.06727 c\$US/kWh producido:

$$\text{Costo Agua Termo} = ((96.5 \cdot 10^8 \text{ (c\$US)}) / (215.63 \cdot 10^9 \text{ (kWh)})) / 0.6652 = 0.06727 \text{ (c\$US/kWh)}$$

El pago que realiza CFE por concepto de agua es ínfimo y si aumentase se reflejaría directamente en el precio de venta del kWh. Por el momento, el precio de este recurso no refleja el verdadero costo de extraer, distribuir y tratar el agua, mucho menos la actividad encaminada a regenerar los acuíferos y a la utilización eficiente del agua en las actividades humanas.

En comparación, la energía eólica consume 13 veces menos agua que el ciclo combinado-gas, 38 menos que la carboeléctrica y 88 veces menos que la combustóleo-eléctrica (Tabla 32), por lo cual adoptarla como parte del sistema eléctrico sería acertado en términos del ahorro de agua, sobre todo considerando que las plantas eléctricas se ubican cerca de los centros de consumo, justamente donde hay carencia del vital líquido.<sup>119</sup>

<sup>119</sup> Donde se concentra el 31% del agua habita 77% de la población y se produce el 87% del PIB (MENTADO,2009,68: 44).

## 5.2.4 Eficiencia en la producción

En producción de energía se debe cuidar que las máquinas y los implementos de generación consuman menos energía de la producida durante su vida útil o de lo contrario aportarán pocos beneficios a la sociedad y dilapidarán los recursos naturales.

Atendiendo las fórmulas de recuperación de la energía de manufactura y de eficiencia de producción, la energía producida por un aerogenerador supera más de 35 veces la consumida en su manufactura y ésta se recupera en poco más de 6 meses (Cuadro 3).

### Cuadro 3.- Eficiencia en la producción eólica marítima y terrestre

La energía generada en Horns Reef es de 14,230,000 kWh/a por aerogenerador marítimo y de 7,890,000 kWh/a por aerogenerador terrestre, mientras la energía de manufactura es de 8,063,418 kWh/turbina y 4,304,222 kWh/turbina respectivamente, entonces la energía usada en su manufactura se recupera en:

*Para la instalación marítima será:*

$$\text{Recuperación de energía manufactura} = (8,063,418 \text{ (kWh/turbina)}) / (14,230,000 \text{ (kWh/turbina-año)}) = 0.57 \text{ años} = 6.8 \text{ meses}$$

*...y la eficiencia de producción de energía será:*

$$\text{Eficiencia producción} = \text{energía de salida} * \text{vida útil} / \text{energía de entrada}$$

$$\text{Eficiencia producción} = (14,230,000 * 20) / (8,063,418) = 35.3 \text{ veces} = 3530\%$$

*Para la terrestre será:*

$$\text{Recuperación de energía manufactura} = (4,304,222) / (7,890,000) = 0.55 \text{ años} = 6.6 \text{ meses y}$$

$$\text{Eficiencia producción} = (7,890,000 * 20) / (4,304,222) = 36.7 \text{ veces} = 3670\%$$

$$\text{Ineficiencia del sistema} = \text{energía de entrada} / \text{energía de salida} * \text{vida útil}$$

Fuente: Elaboración propia con datos de FORCE TECHNOLOGY, 2006.

Las tecnologías térmicas son ineficientes, ya que consumen más energía de la que generan (Tabla 30). La gas-eléctrica consume 2.54 veces más que la energía generada, la carboeléctrica 2.79, la combustóleo-eléctrica 2.83 y la diesel 3.55. Estos datos se obtuvieron al aplicar las fórmulas a los datos reportados por SENER y CFE en el *Balance Nacional de Energía 2007*.

Tabla 30.- Eficiencia en los sistemas de generación eléctrica		
Sistema de Generación	Eficiencia	Ineficiencia
Eoloeléctrica marítima <sup>1</sup>	35.3	0.028
Eoloeléctrica terrestre	36.7	0.027
Carbo-eléctrica	0.359	2.79
Diesel-eléctrica	0.282	3.55
Combustóleo-eléctrica	0.354	2.83
Gas-eléctrica	0.394	2.54
<sup>1</sup> Estudio de ciclo de vida, incluye energía de la cuna a la tumba. Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2008.		

Si extraer un barril de petróleo a gran profundidad en el lecho marino consume un barril de petróleo en hacer la exploración, plataforma, perforación, oleoducto, derrames accidentales, transporte de personal y todas

las demás actividades implicadas, ese barril no aportará energía neta a la sociedad, su valor energético será cero.

### 5.2.5 Terreno

El área ocupada por unidad de potencia instalada ( $m^2/MW$ ) en las diferentes tecnologías de generación eléctrica puede resultar interesante a la hora de determinar la conveniencia de una u otra.

La Tabla 31 muestra la superficie requerida por unidad de potencia eléctrica instalada. Se observan importantes variaciones en la eoloeléctrica, una referencia afirma que requiere de  $40 m^2/MW$ , y otra, anota la cantidad de  $800 m^2/MW$ . Por deducción (basada en información de La Venta II), el dato de  $800 m^2/MW$  incluye el terreno dedicado a las vías de acceso y la subestación de sub-transmisión o transmisión; mientras los  $40 m^2/MW$  sólo se refieren a la superficie necesaria en el cimiento de la torre. Lo mismo ocurre en el caso de la central carboeléctrica, el espacio de  $47,000 m^2/MW$  contiene el almacén de combustible y el terreno dedicado a la banda transportadora del suministro o a la vía de ferrocarril (espuela); por su parte, el dato de  $1000 m^2/MW$  se puede deber a la consideración de un almacén de combustible por menos días, sin banda transportadora y sin el terreno para la vía de ingreso de furgones de combustible.

<b>Tabla 31.-Superficie requerida por unidad de potencia instalada (<math>m^2/MW</math>)</b>	
Tipo de Planta	metros cuadrados por MW
Eólica <sup>1</sup>	40
Eólica <sup>4</sup>	800
Termoeléctrica carbón <sup>2</sup>	1,000 a 47,000
Termoeléctrica CC gas <sup>2</sup>	2,600
Hidroeléctrica <sup>2</sup>	66,000
Termoeléctrica combustóleo <sup>3</sup>	100
Fuente: <sup>1</sup> AWEA, 2008; <sup>2</sup> NEERI, 2007. <sup>3</sup> Planta Tuxpan (ZUK, et. al., 2006.); <sup>4</sup> BM, 2006.	

La planta de combustóleo suele ser más grande que la de ciclo combinado, ya que cuenta con un condensador de enfriamiento del vapor de mayor dimensión. Esto significa que la cantidad de  $2,600 m^2/MW$  en CC respecto de los  $100 m^2/MW$  usados en combustóleo se debe al empleo de criterios disímiles. Seguramente, la primera involucra la vía de acceso, subestación de transmisión, libramiento de líneas y torres de alto voltaje, terreno del gaseoducto y la planta de tratamiento de agua. El segundo dato solamente se circunscribe al terreno ocupado por la central de generación.

## 5.2.6 Resultados comparativos

La producción de energía eléctrica mediante cuatro tecnologías exhibe algunas coincidencias y discrepancias importantes a subrayar.

La Tabla 32 presenta una comparación de las plantas de generación eléctrica considerando potencia, energía anual, factor de planta, combustible, agua y emisiones contaminantes. Refleja el ACV de la eoloeléctrica, pero no de las tecnologías térmicas, por lo cual la comparación es débil y en estudios posteriores se deberán presentar datos sobre la energía y materiales utilizados en la manufactura, supervisión, mantenimiento y desmantelamiento de centrales térmicas.

Tabla 32.- Datos de operación de plantas eléctricas por cada MW de potencia instalado							
Concepto	Carbón	U	Combustóleo	Gas natural	U	Eólica	U
Potencia	1	MW	1	1	MW	1.549	MW
Energía anual generada	5,694	MWh/a	5,694	5,694	MWh/a	5,699	MWh/a
Factor de Planta	0.65		0.65	0.65		0.42	
Cantidad de combustible	2,659.10	ton/a	1,467.91	1,533,621.96	m <sup>3</sup> /a	83.70	Bpce*
Agua utilizada	11,206.93	m <sup>3</sup> /a	25,850.76	3,879.32	m <sup>3</sup> /a	291.79	m <sup>3</sup> /a
Emisión de CO <sub>2</sub>	5,270.12	ton/a	4,482.48	2,915.33	ton/a	26.44	ton/a
Emisión de CO	1.310	ton/a	0.456	0.399	ton/a	0.046	ton/a
Emisión de SO <sub>2</sub>	49.111	ton/a	89.396	0.016	ton/a	0.124	ton/a
Emisión de Nox	27.90	ton/a	6.55	7.40	ton/a	0.101	ton/a
Partículas suspendidas	7.46	ton/a	6.09	0.03	ton/a	0.000	ton/a

\*bpce=barriles de petróleo crudo equivalentes  
Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2008; FORCE TECHNOLOGY, 2006; PACHECO, 2009.

A continuación se expone un resumen puntual de los resultados obtenidos en la comparación planteada:

1. Un MW instalado de termoeléctrica genera anualmente 5,694 MWh/a con un “factor de planta”<sup>120</sup> de 0.65-0.75, aproximadamente. Por su parte, la eoloeléctrica requiere 1.549 MW instalados para producir 5,699 MWh/a, cantidad comparable a la de una termoeléctrica. Esto se debe a que el factor de planta de una eólica como máximo puede ser de 0.42, aunque comúnmente en sitios buenos con vientos promedio anuales de 6 m/s se suele ubicar en 0.30, resultado del comportamiento imprevisible del viento.
2. Las termoeléctricas son intensivas en el uso de combustible durante su operación: 2,659 ton/a de carbón, 1,467 m<sup>3</sup>/a de combustóleo y 1,533,621 m<sup>3</sup>/a de gas natural (datos durante la operación, no incluye la manufactura de sus componentes, construcción, mantenimiento y desmantelamiento). La eoloeléctrica solamente consume el equivalente a 83 barriles de petróleo en toda su vida útil. La inversión en una central eoloeléctrica es parecida a una transacción de contado, pues se

<sup>120</sup> Depende de las horas de operación a plena carga durante el año, que dependen a su vez, de la demanda variable de los usuarios, lo cual obliga, por continuidad del servicio y seguridad, a mantener una razonable capacidad de reserva.

conoce el precio total a pagar por su uso durante los 20 años de operación; la termoeléctrica es una operación en abonos a tasa de interés indexada y variable, sujeta a los vaivenes de los precios de los combustibles.

3. Derivado de lo anterior, las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y Nox son superiores en las termoeléctricas. No estuvo disponible el dato de las partículas suspendidas de la energía eólica limitando el cotejo. Las emisiones producto la quema de combustible en la planta:
  - La carboeléctrica emite 199 veces más CO<sub>2</sub> que la eólica, la térmica-combustóleo 169 y el CC-gas 110; en 20 años de operación las térmicas en promedio habrán emitido a la atmósfera por cada MW instalado 84,452 toneladas de CO<sub>2</sub>, mientras la eólica solamente 529 ton CO<sub>2</sub>/MW instalado.
  - La emisión de CO de la carboeléctrica excede 28 veces más a la eólica, la térmica-combustóleo 10, el ciclo combinado-gas 9.7.
  - Respecto al SO<sub>2</sub>, la carboeléctrica emite 396 veces más que la eólica, la térmica-combustóleo 721 y el CC-gas 12% de la emitida por la eólica. El dato del CC es dudoso, pues indica la presencia de sólo 16 kg de SO<sub>2</sub> en 1,533,622 m<sup>3</sup> de gas natural, es decir, 10.4 milésimas de gramo de SO<sub>2</sub> por metro cúbico de gas, sin embargo, es el dato proporcionado por CFE.
  - En el caso de las emisiones de NOx, la carboeléctrica produce 276, el combustóleo 65 y el gas natural 73.2 veces más que la eólica.
4. En cuanto al consumo del agua, el CC-gas consume 13 veces más agua anual que la eólica, la de carbón 38 y la de combustóleo 88.
5. Finalmente, en términos de eficiencia del sistema, es decir la energía de salida durante la vida útil entre la energía de entrada, coloca a la generación eoloeléctrica muy por encima de cualquier tecnología térmica. La eólica terrestre produce 35.3 veces más energía de la que se ocupó en su manufactura, transporte, construcción, mantenimiento y desmantelamiento; mientras los sistemas eléctricos térmicos son ineficientes pues consumen más energía de la que generan durante su operación, a pesar de la no inclusión del consumo de energía del ciclo de combustible (exploración, producción, proceso y almacenamiento, transmisión o transporte), maquinaria y materiales de construcción de la planta, energía no combustible (refacciones, administración, personal, electricidad), el desmantelamiento y recuperación del terreno. Sin considerar los anteriores gastos de energía, todavía, la gas-eléctrica consume 2.54 veces más que la energía generada, la carboeléctrica 2.79, la combustóleo-eléctrica 2.83 y la diesel 3.55.

## 5.3 El modelo ERIGEE

En los apartados anteriores se demuestra ampliamente la viabilidad de la energía eólica en la preservación de la salud de los seres vivos y el medio ambiente del planeta, justificando por ese solo hecho su implementación de manera masiva en nuestro país y el mundo. Sin embargo, el modelo económico imperante impide su empleo, y en ausencia de ayudas especiales (subsidios, impuestos, etc.) que las hagan atractivas económicamente frente a las energías convencionales, será imposible ampliar su aporte al suministro energético futuro.

El objetivo de este apartado es analizar si dicha afirmación opera en el caso mexicano, mediante la aplicación de un modelo financiero, nombrado como ***Estudio de Retorno a la Inversión en Generación de Energía Eléctrica (ERIGEE)***, desarrollado en este trabajo a partir de herramientas clásicas del estudio de rentabilidad de una inversión, el cual permitirá realizar una comparación de las inversiones en generación de energía eléctrica en las condiciones que predominan actualmente.

Esta basado en un modelo de análisis desarrollado por Iván Uranga Favela y publicado en la *Memoria del IX Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía*, ATPAE, en septiembre de 1988. Describe el análisis de retorno a la inversión del proyecto de Ahorro de Energía de Xerox Mexicana, donde probó su eficacia al predecir el comportamiento del retorno de la inversión. En este caso se incorporaron las variables significativas de los proyectos de generación de energía eléctrica.

A continuación se realiza la descripción de algunos conceptos importantes que permitirán comprender el modelo.

### 5.3.1 Conceptos básicos

El campo financiero como disciplina estudia las limitaciones y oportunidades suministradas por el medio ambiente institucional en el proceso de toma de decisiones de individuos, empresas, organizaciones y gobiernos.

El problema financiero de un individuo es maximizar su bienestar con la utilización apropiada de los recursos disponibles. Las finanzas tratan de cómo los individuos dividen su ingreso entre consumo (comida, vestido, etc.) e inversión (acciones, bonos, propiedad raíz, etc.), cómo escogen entre oportunidades de inversión disponibles y cómo consiguen el dinero para asegurarse un consumo o inversión aumentados (SCHALL, 1968: 12).

De manera similar las empresas, organizaciones y gobiernos deben determinar en base a la utilidad económica qué inversiones hacer y cómo financiarlas, por ejemplo, a través de la venta de acciones, bonos, prestamos de un banco, cobro de impuestos, presupuesto, etc.

En el capítulo precedente se señaló que la mayoría de los proyectos eólicos en México son realizados por empresas privadas y que el incremento futuro de la eoloelectricidad en el país depende de éstas, cuyo objetivo

consiste en maximizar el valor de los intereses de los propietarios de la compañía.

En este sentido, mostrar la viabilidad financiera de los parques eólicos frente a los termoeléctricos puede convertirse en una herramienta de decisión en las empresas y el gobierno que refuerce la utilización de esta tecnología en la producción eléctrica del país, por esta razón se elaboró un modelo que combina varias técnicas de evaluación de una inversión: el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de recuperación.

El punto de partida es la idea del “*valor del dinero en el tiempo*”. Existen dos tipos de decisiones que requieren de esta consideración: “*el primero, compromete la inversión (o ahorro) de dinero ahora para recibir beneficios futuros de efectivo; el segundo, compromete el tomar prestado (o no ahorrar) ahora para efectuar gastos corrientes a un costo de tener menos dinero en el futuro*” (*Ibid.* 103).

Si se toma en préstamo dinero ahora se debe pagar una cantidad mayor en el futuro (la cantidad tomada en préstamo más el interés). El interés es una tasa de porcentaje anual del monto tomado en préstamo: “*La tasa de interés da al dinero su valor en el tiempo*” (*Ibid.* 72). Es el precio del crédito y equivale a las tasas de interés como tasas de utilidad, el precio del crédito depende de si se toman en préstamo o prestado. Diferentes tipos de activos financieros tendrán diferentes tasas de interés (hipotecas de vivienda, bonos estatales, bonos de corporaciones, etc.), sin embargo, todas varían a través del tiempo en relación con las fluctuaciones en la oferta y la demanda de los fondos de préstamos, cambios en el nivel general de precios de bienes y servicios, inflación o deflación (*Ibid.* 37-38).

El “*interés compuesto*” se usa cuando el dinero se debe pagar o recibir en diferentes momentos. Si toma prestado \$200 por un año y está de acuerdo en pagar al prestamista \$220 al final del año, el costo de interés del préstamo es de \$20. La tasa de interés es  $\$20/\$200 = 0.10$  o el 10% anual. Se toma la fecha del préstamo como tiempo 0 y la fecha de pago como el tiempo 1 (un año a partir del tiempo 0), al final del primer año se adeudan \$220 y si no son pagados al final del primer año, entonces adeudaría al final del segundo año  $\$220 + (220 \cdot 0.10) = \$242$ .

El “*valor futuro*” es el pago de una cantidad invertida o tomada en préstamo a una tasa de interés dada. El factor de una cantidad compuesta es  $(F/P, i, n) = (1+i)^n$ , se utiliza para encontrar el valor futuro de una cantidad presente al  $i$  por ciento por  $n$  periodos. En donde P es la cantidad tomada en préstamo y F la cantidad prestada más el interés. El factor de la cantidad compuesta es siempre mayor que 1.0 para  $i$  mayor que cero, lo cual indica que una cantidad siempre crecerá a un valor futuro mayor (*Ibid.* 76-77).

El “*valor presente*” del ingreso futuro, permite comparar corrientes alternativas de ingreso o costo que difieren en tiempo y/o cantidades. Es el valor de \$1 hoy que va a ser recibido  $n$  periodos a partir de ahora dada una tasa de interés del  $i$  por ciento por periodo. El factor de valor presente es:  $(F/P, i, n) = 1 / (1+i)^n$ . Muestra el valor presente de una cantidad futura. Siempre es menor que 1.0 para  $i$  mayor que cero, lo que indica que una

cantidad futura tiene un valor presente más pequeño. Un dólar en el futuro es menos valioso que un dólar hoy (Ídem).

El valor presente de un flujo de caja es lo que éste vale en dólares hoy. Incorpora el principio del valor del tiempo para descontar dólares futuros (calculando su valor presente) utilizando una tasa apropiada de descuento (tasa de interés). En análisis de inversión esta tasa de descuento es el costo del capital (*Ibid.* 204).

La regla del valor presente establece que una inversión se debería adoptar solamente si el valor presente del flujo de caja que genera en el futuro excede su costo, esto es, si tiene un valor presente neto positivo.

El “*valor presente neto*” (VPN) es el beneficio neto de la empresa en adoptar la inversión. Un VPN positivo significa que el proyecto rinde una tasa de retorno que excede el costo del capital  $k$ . En este caso, el VPN es el valor total en dólares corrientes del retorno extraordinario (el retorno sobre el costo de capital) ganado por la inversión. Si el VPN=0 de un proyecto, indica que está ganando el costo de capital y es, por lo tanto, sólo apenas aceptable. Si es negativo, se gana menos que el costo del capital, por lo que el proyecto debe ser rechazado (*Ibid.* 205).

Esto mismo puede mirarse desde el punto de vista de los presupuestos de capital. En lugar de descontar los flujos de caja al costo de capital para determinar el VPN, se puede revisar qué tasa de retorno gana el proyecto. La “*tasa interna de retorno*” (TIR) es la tasa que se espera ganar en un proyecto de inversión. La TIR es aquella tasa que descuenta el flujo de caja de un proyecto a un VPN de cero. Este método se puede utilizar al comparar dos o más alternativas de inversión. Primero se fija qué alternativa de inversión es la más rentable por la aplicación del enfoque incremental (Valor Presente) y luego, se determina si la alternativa más rentable lo es suficientemente para adoptarla. Si la tasa de retorno excede el costo de capital es un proyecto rentable, ya que el costo de capital es la mínima tasa de retorno requerida, si es igual al  $k$  resulta indiferente, si es menor al costo del capital debe ser rechazado (*Ibid.* 207).

El método del “*período de recuperación de la inversión*” dictamina la aceptación de un proyecto solamente si éste tiene un período de recuperación menor que algún nivel especificado por la administración. El periodo de recuperación es la cantidad de tiempo que toma recobrar la inversión inicial en un proyecto. Al comparar dos operaciones alternativas que utilizan este método se prefiere el del periodo de recuperación corto y se acepta si su período de recuperación es menor que el requerido especificado. Permite tomar decisiones de preparación de presupuestos de capital (*Ibid.* 214-217).

A continuación se describen los datos de entrada del modelo y sus fórmulas.

### 5.3.2 Datos de entrada

La Ilustración 4 exhibe la sección de los datos de entrada del modelo en la hoja de cálculo mostrando los valores respectivos en el caso de la energía eólica. Contiene 16 celdas de introducción de datos, una de cálculo (energía generada) y 7 celdas de transición con fórmulas (área sombreada).

Ilustración 4.-ERIGEE Eólica: Datos de Entrada*					
DATOS DE ENTRADA					
<b>Costo Combustible</b>	0.0000	<b>\$US/kWh</b>	<b>Energía generada (kWh/a)</b>	5,699,081	
<b>Costo kWh</b>	0.0470	<b>\$US</b>	<b>Terreno (m<sup>2</sup>)</b>	800.00	
<b>Costo Bono CO<sub>2</sub></b>	14.00	<b>\$US/t CO<sub>2</sub></b>	<b>Toneladas CO<sub>2</sub>/a</b>	2,912	
<b>Costo renta terreno</b>	10.19	<b>\$US/m<sup>2</sup></b>	<b>Metros cúbicos H<sub>2</sub>O/a</b>	0	
<b>Costo agua H<sub>2</sub>O</b>	0	<b>\$US/m<sup>3</sup></b>	<b>Potencia instalada (kW)</b>	1,549	
<b>Inversión inicial</b>	1,840.40	<b>k\$US</b>	<b>Factor de planta</b>	0.42	
	% / anual			(EN MILES DE \$US)	
<b>Tasa Inflación</b>	5.00%		<b>Seguros</b>	4.23	
<b>Tasa Interés</b>	5.00%		<b>Pago combustible</b>	0.00	
<b>Tasa Impuesto</b>	28.00%		<b>Pago renta terreno</b>	8.15	
<b>Incremento Electricidad</b>	5.00%		<b>Mantenimiento</b>	16.10	
<b>Depreciación</b>			<b>Operación y Mantenimiento</b>	28.49	
<b>Amortización (años)</b>	10		<b>Ventas bonos CO<sub>2</sub> anual</b>	40.77	
			<b>Ventas kWh anual</b>	267.86	

\*Este cuadro es igual que el de las termoeléctricas. Los datos de la eólica se desprenden del BM, 2006 y los de las termoeléctricas fueron calculados a partir de CRE, 2009, excepto los señalados dentro del texto.

**Costo Combustible.** En la generación eoloelectrica este costo es de cero, mientras en las tecnologías de generación termoeléctrica se trata de un precio propuesto ERIGEE en dólares por kilowatt-hora (\$US/kWh). Este dato multiplicado por la **Energía generada (kWh)** y dividido entre mil da el **Pago combustible** (miles de \$US). El precio ERIGEE permite comparar las diferentes tecnologías de generación termoeléctrica en igualdad de condiciones considerando la eficiencia de cada proceso de generación. Dicho cálculo parte de los datos arrojados por el *Balance Nacional de Energía 2007*, los cuales alimentan un modelo matemático desarrollado en Excel (se explica a fondo en la parte referida a los “Escenarios ERIGEE Termoeléctricas”).

**Costo kWh.** En esta celda se introduce el precio en dólares proporcionado por CFE, el cual varía dependiendo de la tecnología utilizada en la producción.<sup>121</sup> Éste multiplica el dato de **Energía generada (kWh)** y su resultado dividido entre mil proporciona las **Ventas kWh anuales** (miles de US\$).

**Costo Bono CO<sub>2</sub>.** Contiene el precio internacional del bono por tonelada de CO<sub>2</sub> evitada al generar con

<sup>121</sup> CFE considera 0.047 US\$/kWh en el caso de la eólica y 0.0785 US\$/kWh en termoeléctrica. Esta disparidad en los precios no debería existir, ya que un kWh en la red eléctrica nacional contiene la misma cantidad de energía, independientemente de la tecnología con que se generó. El impacto de los gastos por operación, mantenimiento, combustible, administración y otros deben gravar a la utilidad de generar con dicha tecnología, no al precio que paga CFE al productor de acuerdo con la tecnología con que genera.

energía menos contaminante. Este dato multiplicado por **Toneladas CO<sub>2</sub>/a**, con signo negativo si son evitadas (energía eólica) y con signo positivo si son producidas, divididas entre mil, da como resultado las **Ventas CO<sub>2</sub> anual** (miles de \$US). La producción termoeléctrica al ser emisora de CO<sub>2</sub> debería pagar la polución generada, por lo que aparece como un gasto (signo negativo) y en la energía eólica el signo es positivo al evitar la emisión de CO<sub>2</sub> por cada kWh generado, logrando además vender los bonos de CO<sub>2</sub> en el mercado.

**Costo renta terreno.** En esta celda se ingresa la renta estimada anual por el alquiler del terreno.<sup>122</sup> Se calculó que durante la vida del proyecto los propietarios de las tierras afectadas cobren el 20% del monto de los bonos de CO<sub>2</sub>, correspondientes a las emisiones de contaminantes evitadas; lo justo sería que recibieran el total percibido por este concepto, pero al ser una cantidad importante es utópico esperar que el inversionista esté dispuesto a otorgarlo (actualmente pagan aproximadamente \$2500 por hectárea al año). No obstante, el incremento fungiría como un incentivo para la participación de las poblaciones en los proyectos, contribuyendo a la derrama de los beneficios sobre los lugareños, convirtiéndolos en promotores. El **Costo renta terreno** multiplicado por la celda **Terreno (m<sup>2</sup>)** dividido entre mil, da el **Pago renta Terreno** (miles de \$US).

**Cuadro 4.- Precisiones sobre el consumo y costo de agua**

*El consumo anual de agua en el enfriamiento en las plantas de ciclo combinado, fue estimada a partir del consumo de una planta termoeléctrica convencional (Villa de los Reyes<sup>123</sup>, SLP, 700MW instalados, consumo agua 575LPS-litros por segundo-).*

*Al carecer de los datos de pago de agua por metro cúbico consumido en la generación de electricidad, el modelo consideró solamente el costo de electricidad necesario para extraer de un pozo profundo con espejo de agua a 100 metros un metro cúbico de agua<sup>124</sup> (Tabla 33).*

<b>Tabla 33.- Costo por bombeo de agua</b>		
Agua utilizada anual Ciclo Combinado	12,925	m3/a
Gasto total por agua	657.03	\$US
Bomba de 125hp	93.25	kW
Flujo de agua	144	m3/h
Gasto de energía por m3 agua	0.647569444	kWh/m3
Costo de energía	0.0785	\$US/kWh
costo de agua	0.050834201	\$US/m3
Datos: URANGA, 2006.		

<sup>122</sup> En México el m<sup>2</sup> de los terrenos afectados por obras de gran envergadura es pagado a precios reducidos (\$0.25, en muchos casos), suma insuficiente para costear la reubicación del asentamiento. En Oaxaca esta situación ha provocado conflictos tras las obras y los poblados quedan sin un lugar dónde reubicarse, sin acceso a servicios básicos, etc.

<sup>123</sup> Datos proporcionados por CFE en la conferencia presentada en el IV Foro Mundial del Agua, México 2006.

<sup>124</sup> Pozo de agua potable "Deportivo Durango" México, D.F. Datos proporcionado por URANGA, 2006.

**Costo agua H<sub>2</sub>O.** Se ingresó el costo de energía de extraer un m<sup>3</sup> de agua de un pozo de 100 metros de profundidad al espejo del agua (Cuadro 4 y Tabla 33).<sup>125</sup> El valor se multiplica por **Metros cúbicos H<sub>2</sub>O**, se divide entre mil y se suma a los gastos de **Operación y Mantenimiento**.

**Inversión inicial.** Se trata del costo del proyecto llave en mano, es decir, los generadores produciendo energía 100% instalados, dividido entre mil (miles de \$US o k\$US) (BM, 2006).

**Tasa Inflación.** La inflación incrementa el precio de los gastos de **Operación y Mantenimiento y Depreciación antes de Impuestos** a tasa compuesta cada año de vida del proyecto llevando los montos a valor futuro. Se introdujo la tasa de inflación estimada por el Banco de México y aunque existe la posibilidad de hacer la depreciación total el primer año no se utilizó en el estudio.

**Tasa Interés.** En esta celda se puede introducir la tasa de interés internacional (PRIME o LIBOR), toda vez que son licitaciones internacionales o bien la de CETES a un año. Aquí se tomo como referencia la utilizada en el estudio del BM, 2006. La tasa de interés participa en la fórmula de la columna **Valor Presente Neto**.

**Tasa Impuesto.** Se refiere a la tasa de impuesto estimada por el Sistema de Administración Tributaria (SAT). Ésta participa en la fórmula de la columna **Utilidad Neta**.

**Incremento electricidad.** Contiene la tasa de incremento del costo del kWh durante el año utilizada en el documento presentado al Banco Mundial. Obedece a que no siempre el precio del kWh aumenta conforme a la inflación, se fija con criterios políticos. Este porcentaje se incrementa a tasa compuesta cada año en la columna **Ventas kWh/a+ CO<sub>2</sub>**.

**Amortización (años).** En esta celda se introduce el número de años en que se amortizarán o depreciarán los bienes de la inversión. Este dato participa en la fórmula de la **Depreciación antes de impuestos**.

**Energía generada (kWh).** Contiene la fórmula:

$$\text{Energía generada (kWh)} = \text{Potencia instalada (kW)} * \text{Factor de planta} * 24 \text{ horas/día} * 365 \text{ días/año}$$

**Terreno (m<sup>2</sup>).** Son los metros cuadrados afectados permanentemente por el proyecto, es decir, que no se pueden utilizar en otro fin (BM, 2006).

**Metros cúbicos H<sub>2</sub>O.** Incluye el número de metros cúbicos de consumo de agua.<sup>126</sup>

**Potencia instalada (kW).** La celda muestra la capacidad de potencia instalada en kilowatts. En el caso de la eoloeléctrica se trata de 1,549 kW equivalente a 1,000 kW termoeléctricos, debido a la disimilitud en los factores de planta (ver apartado referido a los “resultados comparativos”).

**Factor de Planta.** En esta celda se ingresa el factor de planta (FP) que siempre es menor a 1, pues no es posible que los generadores trabajen al 100% durante todo el año, ya que la demanda de los clientes varía cada

<sup>125</sup> La energía eólica utiliza poca agua durante su operación, mientras la termoeléctrica es intensiva.

<sup>126</sup> Es común no considerar el consumo de agua en los proyectos termoeléctricos, sin embargo, es uno de los insumos más importantes. Se habla de 26 mil metros cúbicos por año en la planta termoeléctrica de Villa de los Reyes San Luis Potosí, Estado árido del centro de México. En ciclo combinado se usa el 50% aproximadamente.

hora durante el día, no hay manera de almacenarla y siempre debe haber capacidad de sobra para atender la demanda cuando esta se presenta. En el caso de las plantas térmicas se utilizó el FP del Balance Nacional de Energía y en el de la eólica el proporcionado por el Banco Mundial (2006).

El cuadro de datos de entrada contiene una parte dedicada a los datos de transición, ubicados en el área sombreada:

**Seguros.** Se basa en el factor del costo anual de la prima de seguro, el cual se obtuvo a partir del estimado por el Banco Mundial en el proyecto La Venta III relacionado con el monto de la inversión. Equivale a 0.0023 multiplicado por el monto de la **Inversión inicial: Seguros** =  $0.0023 * \text{Inversión inicial}$  (miles \$US).

**Pago combustible.** Fórmula:  $\text{Costo Combustible} * \text{Energía generada (kWh)} / 1000$  (miles \$US)

**Pago renta terreno.** Contiene la fórmula:  $\text{Costo renta terreno} * \text{Terreno (m}^2\text{)} / 1000$  (miles \$US)

**Mantenimiento.** Fórmula:  $\text{Mantenimiento} = 0.00875 * \text{Inversión inicial}$  (miles \$US). El factor se cálculo del costo de O&M de La Venta III, en referencia a la inversión inicial del proyecto (BM, 2006).

**Operación y Mantenimiento.** Esta celda suma todos los gastos de operación con la fórmula:

*Costo agua H<sub>2</sub>O + Seguro + Pago combustible + Pago renta terreno + Mantenimiento (miles \$US)*

**Ventas bonos CO<sub>2</sub> anual.** Fórmula:  $\text{Costo bonos CO}_2 / \text{a} * \text{Toneladas CO}_2 / 1000$  (miles \$US)

**Ventas kWh/a.-** Fórmula:  $\text{Costo kWh} * \text{Energía generada (kWh/a)} / 1000$  (miles \$US)

### 5.3.3 Resumen de resultados<sup>127</sup>

A continuación se describen las filas de datos correspondientes al cuadro de resumen de resultados:

El **valor presente neto (VPN)** obtenido con la función VNA de Excel es la función financiera que calcula el valor actual neto de los flujos de efectivo futuros y periódicos de una inversión, a una tasa de descuento determinada. Fórmula<sup>128</sup>:  $\text{VNA (Tasa interés, Flujos de Efectivo)} + (\text{Inversión inicial})$ <sup>129</sup>

El **Precio Máximo (PM)** es la suma de todas las cantidades de la columna **Flujos de Efectivo**, por eso siempre es mayor que el valor presente (moneda a valor actual).

La **relación beneficio costo (RBC)** es el valor presente dividido entre el monto de la inversión.

El **Año de Recuperación** es el año en que la columna **Flujo Acumulado a VPN** tiene valor positivo, indicando que la inversión se ha recuperado.

La **Tasa Interna de Retorno (TIR)** obtenida con la función financiera TIR que calcula la rentabilidad

<sup>127</sup> Las fórmulas financieras aplicadas al modelo están basadas en HAYAT, 2004.

<sup>128</sup> La inversión inicial es un egreso o flujo negativo, por tanto, se suma algebraicamente (se resta). VNA es la función financiera que calcula el valor actual neto de los flujos de caja futuros de una inversión a una tasa determinada.

<sup>129</sup> El VPN, también se puede obtener sumando todas las cantidades de la columna Valor Presente Neto o tomando el Flujo Acumulado a VPN del año 20.

generada por un proyecto de inversión cuando los flujos de efectivo son periódicos.

En un análisis financiero clásico el inversionista toma decisiones basado en un *VPN* con un resultado positivo, el *PM* mayor a la cantidad que está invirtiendo, una *RBC* mayor que cero, una *TIR* mayor a la *Tasa de Interés*, y un año de recuperación menor a 10 años.

<b>Ilustración 5.-ERIGEE.- RESUMEN DE RESULTADOS</b>	
	(EN MILES DE \$US)
<b>Valor Presente Neto</b>	2,708.88
<b>Precio Máximo</b>	5,842.97
<b>Relación Beneficio Costo</b>	1.47
<b>Año de Recuperación</b>	8
<b>Tasa Interna de Retorno Real (TIR)</b>	11.61%

La Ilustración 5 presenta los resultados del modelo ERIGEE de la energía eólica mostrando que el proyecto tiene un VPN de US\$2 millones 708 mil 880, un PM de US\$5 millones 842 mil 970, una RBC de 1.47, una TIR de 11.61%, pagándose en el año 8, estos datos confirman al inversionista que le conviene invertir en una planta eólica.

La Tabla anual de resultados esta formada por 11 columnas con sus títulos y 21 renglones correspondientes a cada año de vida del proyecto, comenzando en el año cero (Ilustración 6).

**Año.** La primera celda de la columna inicia en el año cero y termina en el año 20. En este tipo de proyectos un año puede ser poco tiempo para el arranque, una planta de generación de energía difícilmente se instala de inmediato, hay un proceso de negociación con fabricantes, propietarios de los terrenos, créditos bancarios, elaboración del pedido, fabricación de los componentes, transporte, instalación y puesta en marcha. En el estudio se consideró un año, el año cero (los proyectos eólicos europeos demoran 15 meses).<sup>130</sup>

**Inversión.** La primera celda de la columna contiene la inversión inicial hecha en el año cero con signo negativo porque corresponde a un egreso del inversionista.

**Ventas kWh/a+ CO<sub>2</sub>.** Se consideró que la electricidad y los bonos de CO<sub>2</sub> se incrementan a la misma tasa compuesta en el tiempo.<sup>131</sup> Para las ER los bonos son un ingreso y en las termoeléctricas corresponde a un egreso.

Fórmula:  $(\text{Ventas kWh} + \text{Ventas bonos CO}_2 \text{ anual}) * (1 + \text{Incremento Electricidad})^{\text{AÑO}}$

**Operación y Mantenimiento.** Los gastos de O&M se incrementan cada año con el porcentaje de la inflación. Como la inflación se mide sobre la base del precio anterior se trata de una tasa compuesta. La O&M es un gasto por ese motivo aparece con signo negativo en la columna de la tabla.

<sup>130</sup> Los proyectos termoeléctricos requieren 2 a 4 años para su desarrollo.

<sup>131</sup> Que el precio de la electricidad disminuya en el tiempo es casi imposible, pero el bono por CO<sub>2</sub> se cotiza en la bolsa de valores y es variable su precio en base a la demanda.

Fórmula: Operación y Mantenimiento\*(1+Tasa Inflación)^AÑO

**Ilustración 6.-ERIGEE: Resultados anuales de la inversión en generación eólica**

AÑO	Inversión	Ventas kWh/a + CO <sub>2</sub>	O&M	Depreciación antes impuestos	Utilidad antes de impuestos	Utilidad Neta	Depreciación después impuestos	FLUJOS DE EFECTIVO	VALOR PRESENTE NETO	Flujo Acumulado a VPN
0	-1,840.40					-1,840.40		-1,840.40	-1,840.40	-1,840.40
1		324.06	-29.91	-193.24	100.90	72.65	193.24	265.89	253.23	-1,587.17
2		340.26	-31.41	-202.90	105.95	76.28	202.90	279.19	253.23	-1,333.94
3		357.27	-32.98	-213.05	111.24	80.10	213.05	293.14	253.23	-1,080.71
4		375.14	-34.63	-223.70	116.81	84.10	223.70	307.80	253.23	-827.48
5		393.89	-36.36	-234.89	122.65	88.31	234.89	323.19	253.23	-574.25
6		413.59	-38.18	-246.63	128.78	92.72	246.63	339.35	253.23	-321.02
7		434.27	-40.09	-258.96	135.22	97.36	258.96	356.32	253.23	-67.79
8		455.98	-42.09	-271.91	141.98	102.22	271.91	374.14	253.23	185.44
9		478.78	-44.19	-285.51	149.08	107.34	285.51	392.84	253.23	438.66
10		502.72	-46.40	-299.78	156.53	112.70	299.78	412.48	253.23	691.89
11		527.85	-48.72	0.00	479.13	344.97	0.00	344.97	201.70	893.59
12		554.25	-51.16	0.00	503.08	362.22	0.00	362.22	201.70	1,095.29
13		581.96	-53.72	0.00	528.24	380.33	0.00	380.33	201.70	1,296.99
14		611.06	-56.41	0.00	554.65	399.35	0.00	399.35	201.70	1,498.69
15		641.61	-59.23	0.00	582.38	419.32	0.00	419.32	201.70	1,700.38
16		673.69	-62.19	0.00	611.50	440.28	0.00	440.28	201.70	1,902.08
17		707.37	-65.30	0.00	642.08	462.30	0.00	462.30	201.70	2,103.78
18		742.74	-68.56	0.00	674.18	485.41	0.00	485.41	201.70	2,305.48
19		779.88	-71.99	0.00	707.89	509.68	0.00	509.68	201.70	2,507.18
20		818.87	-75.59	0.00	743.29	535.17	0.00	535.17	201.70	2,708.88

**Depreciación antes de impuestos.** Tiene signo negativo porque es un incentivo fiscal, disminuye la utilidad haciendo que los impuestos sean menores, asimismo se encuentra afectado por la tasa compuesta de inflación. Aunque el SAT permite depreciar toda la inversión el primer año, no se hizo uso del incentivo fiscal en este estudio por estorbar al comparativo entre energías. Esa sería una razón más al invertir en ER.

Fórmula:  $-SI(año \leq Amortización(años), ((Inversión\ inicial / Amortización) * (1 + Tasa\ Inflación)^{AÑO}), 0)$

**Utilidad antes de impuestos.** Cada una de las celdas contiene la suma de Ventas kWh/a, O&M y depreciación en el renglón del año correspondiente (las cantidades negativas se restarán a las positivas).

Fórmula: Ventas kWh/a + CO<sub>2</sub> + Operación y Mantenimiento + Depreciación

**Utilidad Neta.** Se aplica la tasa de impuesto a la utilidad antes de impuestos, en el renglón del año correspondiente.

Fórmula: Utilidad antes de impuestos\*(1-Tasa Impuesto)^AÑO

**Depreciación después de impuestos.** La misma cantidad restada en la depreciación antes de impuestos,

en esta columna tiene signo positivo y, posteriormente, forma parte del flujo de efectivo.

**Flujo de Efectivo.** Cada celda de la columna contiene la suma de la utilidad neta más la depreciación correspondiente a cada año.

Fórmula: Utilidad Neta + Depreciación después de impuestos

**Valor Presente Neto.** En esta columna se realiza la operación para traer a precios constantes actuales la utilidad neta de cada año. Afectamos los flujos de efectivo por el costo del dinero en el mercado.

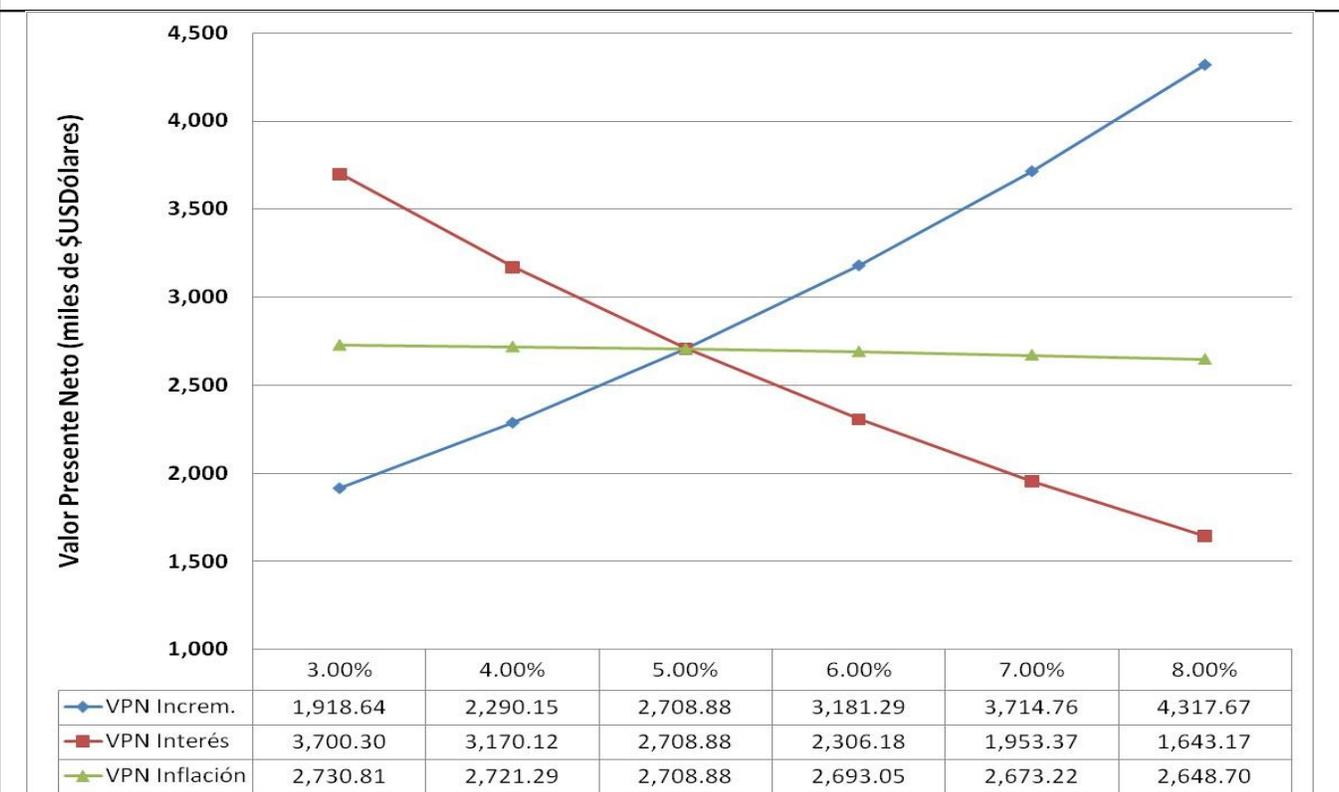
Fórmula: Utilidad Neta / (1+Tasa Interés)<sup>AÑO</sup>

**Flujo Acumulado VPN.** Cada celda de la columna acumula el VPN de los años anteriores más el año que está corriendo, cuando es negativo significa que la inversión aún no se recupera, cuando el valor se vuelve positivo se puede seguir el renglón y encontrar en la columna 1 el año de recuperación de la inversión.

### 5.3.4 Escenarios ERIGEE eólica

Anteriormente se señaló que en un análisis financiero clásico la decisión de invertir se toma a partir de un VPN con resultado positivo, un *PM* mayor a la cantidad invertida, una *RBC* mayor de cero, una *TIR* mayor a la *Tasa de Interés* y, en este caso, un año de recuperación menor a 10 años.

**Gráfica 13.- ERIGEE eoloelectrónica: Variación del VPN en relación a las tasas de interés, inflación e incremento de la electricidad**



Fuente: Elaboración propia con datos ERIGEE

La Gráfica 13 presenta el comportamiento del VPN al variar las tasas de inflación, interés e incremento de la electricidad. El punto de confluencia indica el VPN del proyecto con los valores de las variables establecidas en el estudio del Banco Mundial (BM, 2006), las cuales permanecen constantes excepto las indicadas (interés, inflación e incremento de la electricidad). Así se observa que el VPN:

- permanece constante ante las variaciones en la tasa de inflación, es decir, se comporta como una compra al contado;
- se incrementa con tasa de interés baja haciendo el negocio muy lucrativo y se reduce si la tasa es alta, pudiendo hacer el proyecto inviable;
- disminuye con la tasa de incremento del precio de la electricidad reducida, pero se vuelve más rentable con el aumento de la tasa en cuestión.

La Ilustración 7 ejemplifica el procedimiento seguido para obtener los valores que dieron origen a la curva de la tasa de interés de la Gráfica 13. Los valores se mantienen constantes con excepción de la tasa de interés. Cada columna muestra en el área de resultados el VPN, el PM, la RBC, el año de recuperación de la inversión y la TIR.

Ilustración 7.-ERIGEE eoloeléctrica: Escenarios de inversión							
	ERIGEE a	ERIGEE b	ERIGEE c	ERIGEE d	ERIGEE e	ERIGEE f	Unidades
<b>Costo Combustible</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	\$USD/kWh
<b>Costo kWh</b>	0.0470	0.0427	0.0470	0.0470	0.0470	0.0470	\$USD
<b>Costo Bono CO<sub>2</sub></b>	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	\$USD/t CO <sub>2</sub>
<b>Costo renta terreno</b>	10.19	10.19	10.19	10.19	10.19	10.19	\$USD/m <sup>2</sup>
<b>Costo agua H<sub>2</sub>O</b>	0	0	0	0	0	0	\$USD/m <sup>3</sup>
<b>Inversión inicial</b>	1,840.40	1,840.40	1,840.40	1,840.40	1,840.40	1,840.40	k\$USD
<b>Tasa Inflación</b>	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	%
<b>Tasa Interés</b>	3.00%	4.00%	5.00%	6.00%	7.00%	8.00%	%
<b>Tasa Impuesto</b>	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	%
<b>Incremento Electricidad</b>	5.00%	0.00%	2.50%	5.00%	5.00%	5.00%	%
<b>Amortización (años)</b>	10	10	10	10	10	10	Años
<b>Energía generada (kWh/a)</b>	5,699,081	5,699,081	5,699,081	5,699,081	5,699,081	5,699,081	kWh/a
<b>Terreno (m<sup>2</sup>)</b>	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	m <sup>2</sup>
<b>Toneladas CO<sub>2</sub>/a</b>	2,912	2,912	2,912	2,912	2,912	2,912	t CO <sub>2</sub> /a
<b>Metros cúbicos H<sub>2</sub>O/a</b>	25,850	25,850	25,850	25,850	25,850	25,850	m <sup>3</sup>
<b>Potencia instalada (kW)</b>	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	kW
<b>Factor de planta</b>	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
<b>Resumen de Resultados</b>							
<b>Valor Presente Neto</b>	3,700.30	3,170.12	2,708.88	2,306.18	1,953.37	1,643.17	k\$USD
<b>Precio Máximo</b>	5,842.97	5,842.97	5,842.97	5,842.97	5,842.97	5,842.97	k\$USD
<b>Relación Beneficio Costo</b>	2.01	1.72	1.47	1.25	1.06	0.89	
<b>Año de Recuperación</b>	7	7	8	8	8	9	Años
<b>TIR</b>	13.77%	12.68%	11.61%	10.55%	9.52%	8.51%	%

Como fue señalado con anterioridad, el Modelo tomó como tasa de interés base el 5% indicado en el estudio del Banco Mundial, sin embargo, al acudir a la tasa PRIME como referencia internacional, se aprecia que

en 2007 estuvo a 8.25%, en el año 2000 alcanzaron picos de 9.5%, mostrando una caída a 7.25% en 2008 y a 3.25% en 2009 (Tabla 34).

En esta línea, el gobierno de México a través de sus instrumentos de deuda pública CETES paga tasas de interés de 4.47% a 28 días, de 7.57% a 91 y de 4.77% a ciento setenta y cinco días (BANAMEX, 2009). De acuerdo con el Banco de México en los valores gubernamentales vía casas de corretaje, la tasa ponderada de rendimiento es de 7.28-8.85 por ciento en los bonos vigentes de 7 a 30 años y en los bonos vencidos la tasa promedio va de 7.70 a 13.24 (BANCO DE MÉXICO, 2011). Por tanto, se puede decir que las tasas de interés elegidas en el estudio son razonables en un contexto de proyectos licitados a nivel internacional a diferencia de lo que ocurre en el ámbito nacional.

El modelo ERIGEE permite obtener resultados ante cualquier modificación de las variables de entrada, facilitando el estudio de tendencias en el comportamiento y predicción de resultados. A mayor número de variables independientes incluidas en un proyecto se reduce la incertidumbre de los resultados y el estudio será más exacto.

### 5.3.5 Escenarios ERIGEE

**Tabla 34- Tasa PRIME 1999-2009**

Month/Day	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Jan 1	7.75%	8.50%	9.50%	4.75%	4.25%	4.00%	5.25%	7.25%	8.25%	7.25%	3.25%
Feb 1	7.75%	8.50%	8.50%	4.75%	4.25%	4.00%	5.25%	7.50%	8.25%	6.00%	3.25%
Mar 1	7.75%	8.75%	8.50%	4.75%	4.25%	4.00%	5.50%	7.50%	8.25%	6.00%	3.25%
Apr 1	7.75%	9.00%	8.00%	4.75%	4.25%	4.00%	5.75%	7.75%	8.25%	5.25%	3.25%
May 1	7.75%	9.00%	7.50%	4.75%	4.25%	4.00%	5.75%	7.75%	8.25%	5.00%	3.25%
Jun 1	7.75%	9.50%	7.00%	4.75%	4.25%	4.00%	6.00%	8.00%	8.25%	5.00%	3.25%
Jul 1	8.00%	9.50%	6.75%	4.75%	4.00%	4.25%	6.25%	8.25%	8.25%	5.00%	3.25%
Aug 1	8.00%	9.50%	6.75%	4.75%	4.00%	4.25%	6.25%	8.25%	8.25%	5.00%	3.25%
Sep 1	8.25%	9.50%	6.50%	4.75%	4.00%	4.50%	6.50%	8.25%	8.25%	5.00%	3.25%
Oct 1	8.25%	9.50%	6.00%	4.75%	4.00%	4.75%	6.75%	8.25%	7.75%	5.00%	
Nov 1	8.25%	9.50%	5.50%	4.75%	4.00%	4.75%	7.00%	8.25%	7.50%	4.00%	
Dec 1	8.50%	9.50%	5.00%	4.25%	4.00%	5.00%	7.00%	8.25%	7.50%	4.00%	

Fuente. MoneyCafe.com, 2009.

### termoeléctricas

La Ilustración 8 y la Ilustración 7 ejemplifican el procedimiento seguido para obtener los valores que dieron origen a las gráficas de VPN variando el precio del combustible, las tasas de interés, inflación e incremento del precio de la electricidad, el pago o no pago del bono de CO<sub>2</sub>. Cada columna muestra en el área de resultados el VPN, el PM, la RBC, el año de recuperación de la inversión y la TIR. La columna de "valor actual" contiene los datos proporcionados por el Balance Nacional de Energía 2007 y el estudio del Banco Mundial de 2006.

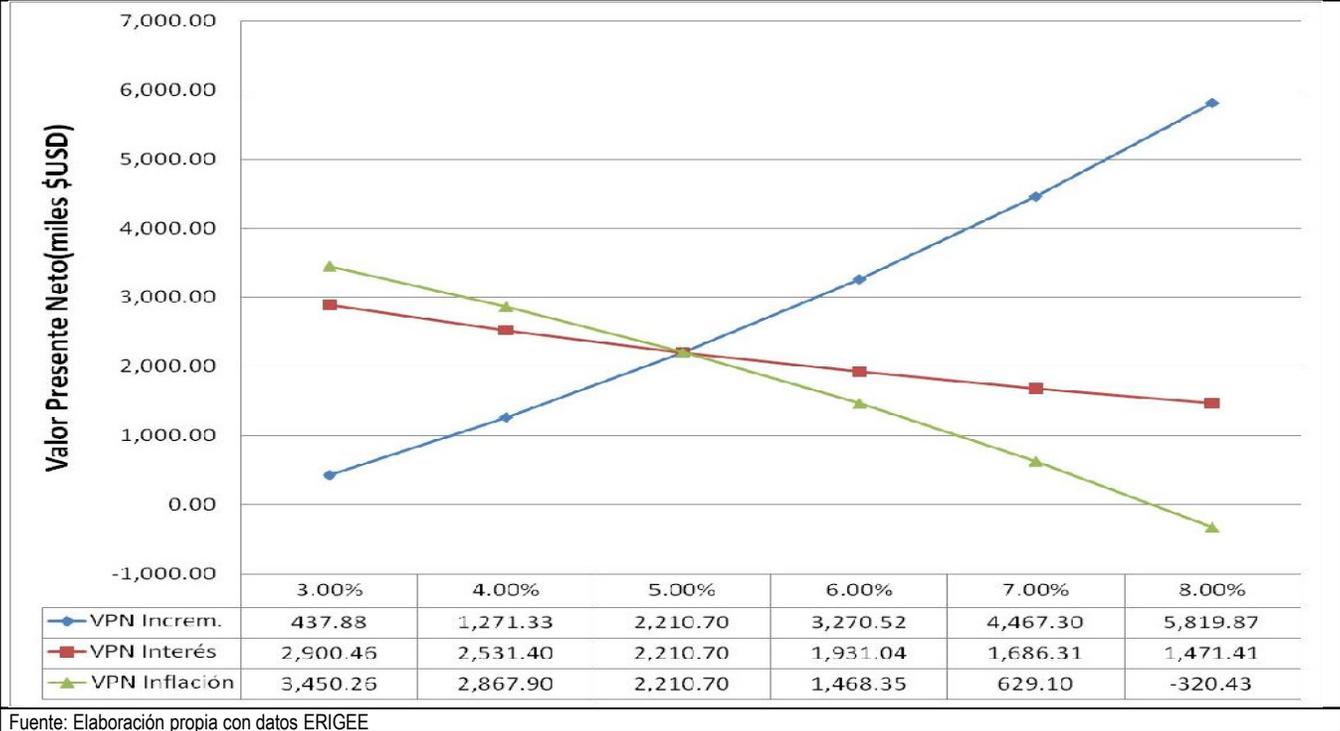
La Gráfica 14 indica el comportamiento del VPN al modificar las tasas de interés, inflación e incremento de la electricidad. El punto de confluencia es el VPN del proyecto con los valores de las variables establecidas en el estudio del Banco Mundial (BM, 2006), las cuales permanecen constantes y únicamente se modifica el interés,

inflación e incremento de la electricidad, apreciándose lo siguiente:

<b>Ilustración 8.- Escenarios de inversión en generación termoelectrica</b>							
	Valor actual	ERIGEE m	ERIGEE n	ERIGEE o	ERIGEE p	ERIGEE q	Unidades
<b>Costo Combustible</b>	0.0476	0.0527	0.0584	0.0515	0.0546	0.0613	\$US/kWh
<b>Costo kWh</b>	0.0785	0.0785	0.0785	0.0785	0.0785	0.0785	\$US
<b>Costo Bono CO<sub>2</sub></b>	0.00	0.00	0.00	-14.00	-14.00	-14.00	\$US/t CO <sub>2</sub>
<b>Costo renta terreno</b>	0	0	0	10.19	10.19	10.19	\$US/m <sup>2</sup>
<b>Costo agua H<sub>2</sub>O</b>	0	0	0	0.0508	0.0508	0.0508	\$US/m <sup>3</sup>
<b>Inversión inicial</b>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	k\$US
<b>Tasa Inflación</b>	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	%
<b>Tasa Interés</b>	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	%
<b>Tasa Impuesto</b>	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	28.00%	%
<b>Incremento Electricidad</b>	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	%
<b>Amortización (años)</b>	10	10	10	10	10	10	Años
<b>Energía generada (kWh/a)</b>	5,694,000	5,694,000	5,694,000	5,694,000	5,694,000	5,694,000	kWh/a
<b>Terreno (m<sup>2</sup>)</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	m <sup>2</sup>
<b>Toneladas CO<sub>2</sub>/a</b>	2,912	2,912	2,912	2,912	2,912	2,912	t CO <sub>2</sub> /a
<b>Metros cúbicos H<sub>2</sub>O/a</b>	25,850	25,850	25,850	25,850	25,850	25,850	m <sup>3</sup>
<b>Potencia instalada (kW)</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	kW
<b>Factor de planta</b>	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
<b>Resumen de Resultados</b>							
<b>Valor Presente Neto</b>	1,746.00	1,323.00	855.00	801.00	549.00	0.00	k\$US
<b>Precio Máximo</b>	3,588.71	2,854.39	2,041.96	1,948.22	1,510.76	557.71	k\$US
<b>Relación Beneficio Costo</b>	1.94	1.47	0.95	0.89	0.61	0.00	
<b>Año de Recuperación</b>	7	8	9	10	11	21	Años
<b>TIR</b>	14.49%	11.59%	8.11%	7.68%	5.58%	0.00%	%
<b>Combustible por Tecnología</b>							
<b>Precio ERIGEE</b>	0.0476	0.0527	0.0584	0.0515	0.0546	0.0613	\$US/kWh
<b>Precio gas</b>	6.86	7.60	8.42	7.43	7.87	8.84	\$US/MBTU
<b>Precio gas</b>	0.2204	0.2443	0.2708	0.2387	0.2530	0.2840	\$US/m <sup>3</sup>
<b>Precio combustóleo</b>	29.32	32.50	36.02	31.76	33.66	37.78	\$US/b
<b>Precio combustóleo</b>	4.93	5.47	6.06	5.34	5.66	6.36	\$US/MBTU
<b>Precio combustóleo</b>	184.42	204.43	226.57	199.77	211.68	237.65	\$US/m <sup>3</sup>
<b>Precio carbón</b>	102.05	113.12	125.36	110.54	117.13	131.50	\$US/ton
<b>Precio carbón</b>	5.00	5.54	6.14	5.42	5.74	6.45	\$US/MBTU

- 1) Las tasas de inflación y de incremento del precio de la electricidad producen resultados opuestos en el VPN, haciendo imperativo para la viabilidad del proyecto tasas de incremento de la tarifa eléctrica iguales o superiores a la tasa de inflación.
- 2) Tasas de interés bajas aumentan el lucro del negocio gracias a un VPN mayor; al contrario, tasas altas reducen el VPN y podría en un momento dado ser inviable, aunque este tipo de proyectos son relativamente estables a la variación en la tasa de interés.
- 3) El aumento de la tasa de inflación disminuye el VPN hasta la inviabilidad (tasa de inflación de 8%), en general, el proyecto es inestable cuando la inflación es alta.

**Gráfica 14.- ERIGEE termoeléctrica: Variación del VPN en relación a las tasas de interés, inflación e incremento de la electricidad**



### 5.3.5.1. Los combustibles y el precio ERIGEE

El estudio de la inversión en termoeléctricas se realizó agrupando las tecnologías de CC-gas, vapor combustóleo y vapor carbón atendiendo las siguientes precisiones:

- Generar un kWh de electricidad requiere cantidades diferentes de energía dependiendo la eficiencia de la tecnología empleada (gas, combustóleo o carbón). Según el SEN (2007), el CC ocupó 7.32 MJ, el combustóleo-vapor 10.17 MJ, y el carbón-vapor 10.03 MJ.
- El precio de cada combustible es diferente y variable en el mercado de energéticos.
- Los combustibles están a la venta en diferentes unidades: metros cúbicos, barriles equivalentes, toneladas, etc.

En este contexto, realizar una comparación exigió crear un precio común de combustible dado en una unidad compatible con las tres tecnologías. Es un precio calculado en dólares por unidad de energía eléctrica (\$US/kWh), el cual mediante factores de equivalencia y eficiencia derivados del Balance Nacional de Energía 2007, puede ser convertido al precio del mercado de cada combustible en sus unidades comerciales más frecuentes: \$US/MBTU<sup>132</sup>, \$US/b, \$US/m<sup>3</sup> y \$US/ton.

El precio de combustible ERIGEE toma en cuenta la eficiencia de las plantas<sup>133</sup> en funcionamiento asignando un factor: 1.0 en el caso del CC-gas, 0.72 en el combustóleo y 0.73 en el carbón. Los ciclos vapor con

<sup>132</sup> MBTU es igual a Millón de Unidades Térmicas Británicas, de M = Mega = 10<sup>6</sup> = 1,000,000

combustóleo y carbón requieren de 28% y 27% más energía para producir la misma cantidad de electricidad que el CC-gas.

El precio ERIGEE valora en dólares el costo del combustible contenido en cada kWh generado y siempre tendrá que ser menor al precio que paga CFE, ya que este último integra la totalidad de los costos de producción: pago de nómina y prestaciones a los trabajadores, el mantenimiento y refacciones, la depreciación, los gastos financieros y los seguros, entre otros (Tabla 35 y Tabla 36).

Tecnología	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio
Ciclo Combinado Gas	\$0.0745	\$0.0781	\$0.0847	\$0.0781	\$0.0774	\$0.0785
Diesel	\$0.2204	\$0.2562	\$0.5044	\$0.4431	\$0.3511	\$0.3550
Vapor Combustóleo	\$0.0453	\$0.0504	\$0.0569	\$0.0745	\$0.0774	\$0.0609
Carbón	\$0.0416	\$0.0511	\$0.0474	\$0.0474	\$0.0489	\$0.0473
Dual Combustóleo y Carbón	\$0.0416	\$0.0511	\$0.0474	\$0.0474	\$0.0489	\$0.0473
Geotermoelectrica	\$0.0277	\$0.0321	\$0.0299	\$0.0336	\$0.0263	\$0.0299
Eoloeléctrica	\$0.1109	\$0.0978	\$0.1365	\$0.0197	\$0.0445	\$0.0819
Nuclear	\$0.0547	\$0.0693	\$0.0562	\$0.0606	\$0.0664	\$0.0615
Hidroeléctrica	\$0.0467	\$0.0380	\$0.0358	\$0.0358	\$0.0401	\$0.0393

Nota. El costo incluye remuneraciones y prestaciones al personal, energéticos y fuerza comprada, mantenimiento y servicios generales por contrato, materiales de mantenimiento y consumo, impuestos y derechos, otros gastos, costo de obligaciones laborales, depreciación, indirectos del corporativo, aprovechamiento y costo financiero.

Fuente: elaboración propia, datos cédulas trimestrales Costo Unitario por Proceso años 2002-2007 en CFE 2008

Como se observa, en 2007 CFE pagó menos por el kWh generado con tecnología eólica (0.0445 \$US/kWh) y más con la termoeléctrica (0.0774 \$US/kWh). Esto significa que las tecnologías termoeléctricas reciben 1.4 más ingresos por cada kWh generado que un productor eólico, lo cual no puede justificarse solamente por la mayor disponibilidad de generación en periodos de máxima demanda (periodos punta), sino por el subsidio aplicado a los PIE en la generación termoeléctrica. Esto demuestra que la política energética de México privilegia la generación privada termoeléctrica.

En esta línea, la Tabla 36 muestra los precios promedio de los combustibles en las unidades usadas de manera estándar en el mercado y el precio ERIGEE correspondiente en el periodo 2000-2007. A pesar de ser precios promedio, se observa una gran volatilidad y tendencia al alza en el mercado (Gráfica 15), particularmente en el caso de la tecnología con combustóleo, cuyos precios en el mercado y eficiencia la colocan en plena obsolescencia, ya que no podrá sostenerse en el largo plazo pagando el combustible por encima del precio del kWh (compare los datos del área sombreada con el pago de CFE el kWh - Tabla 35).

<sup>133</sup> El Balance Nacional de Energía 2007 arroja una eficiencia de operación real de 49.2% para Ciclo Combinado Gas Natural, 35.4% para Vapor Combustóleo y 35.89 para Vapor Carbón. La eficiencia de 49.2% corresponde a los PIE y es posible que sea fruto de la corrupción imperante en México, ya que todos los estudios internacionales reportan eficiencias máximas de 48.8%, parece que 0.4% es poco, en 2007 corresponde a 589.8 millones de kWh (46.3M\$US) extra anuales que paga CFE o más bien la sociedad mexicana.

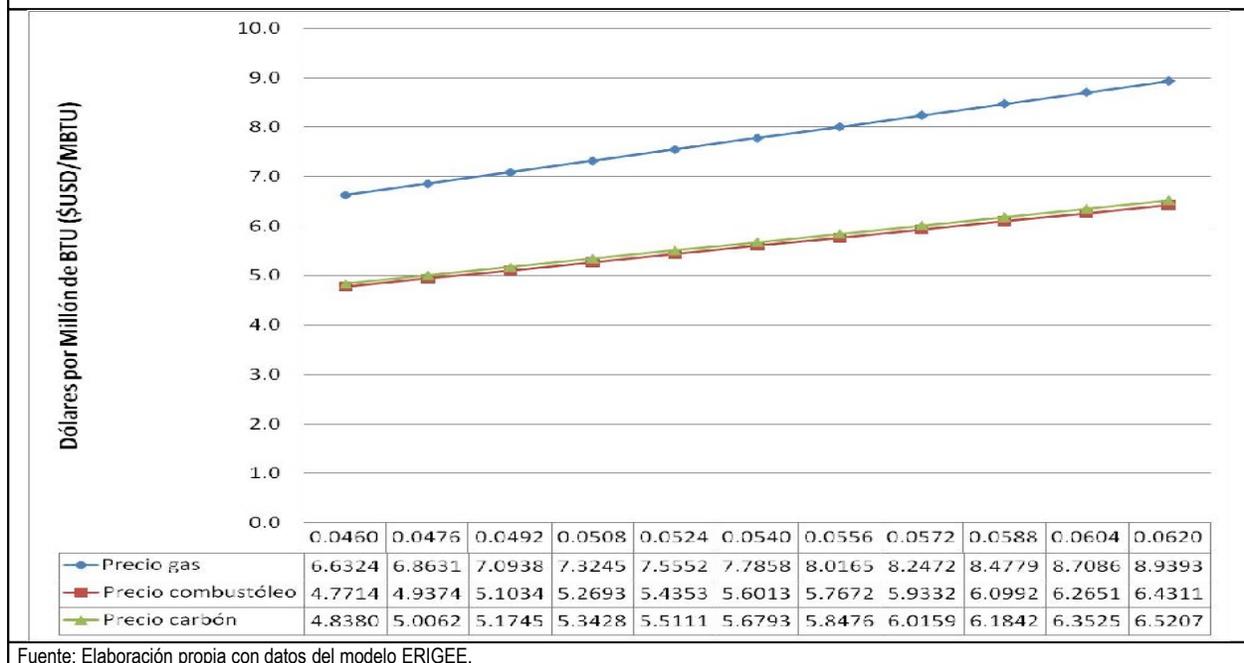
**Tabla 36.-Precio promedio del combustible y su impacto en el costo del kWh Eléctrico o “Precio ERIGEE”**

Año	Tecnología Gas CC		Tecnología Combustóleo		Tecnología Carbón	
	Mercado	ERIGEE	Mercado	ERIGEE	Mercado	ERIGEE
	\$USD/MBTU <sup>A</sup>	\$USD/kWh	\$USD/b <sup>B</sup>	\$USD/kWh	\$USD/ton <sup>C</sup>	\$USD/kWh
2000	4.23	0.02934	25.97	0.04212	29.90	0.01393
2001	4.07	0.02823	21.59	0.03502	49.74	0.02318
2002	3.33	0.02310	24.36	0.03951	32.95	0.01536
2003	5.63	0.03905	30.94	0.05018	38.48	0.01793
2004	5.85	0.04057	33.94	0.05505	64.33	0.02998
2005	8.79	0.06096	42.25	0.06853	70.14	0.03269
2006	6.76	0.04689	49.30	0.07996	62.98	0.02935
2007	6.95	0.04820	50.57	0.08202	51.12	0.02382
2008	8.85	0.06138	71.93	0.11666	116.14	0.05412

NOTAS: <sup>A</sup> US Henry Hub; <sup>B</sup> México (mezcla exportación Olmeca, Istmo y Maya); <sup>C</sup> US Central Appalachian spot price index (Price is for CAPP 12,500BTU, 1.2 SO2 coal, fob. Source: Platts).

Fuente: Cálculo propio con datos del Balance Nacional de Energía 2007.

**Gráfica 15.- Correlación de los precios ERIGEE (\$US/kWh) y del combustible (\$US/MBTU)**

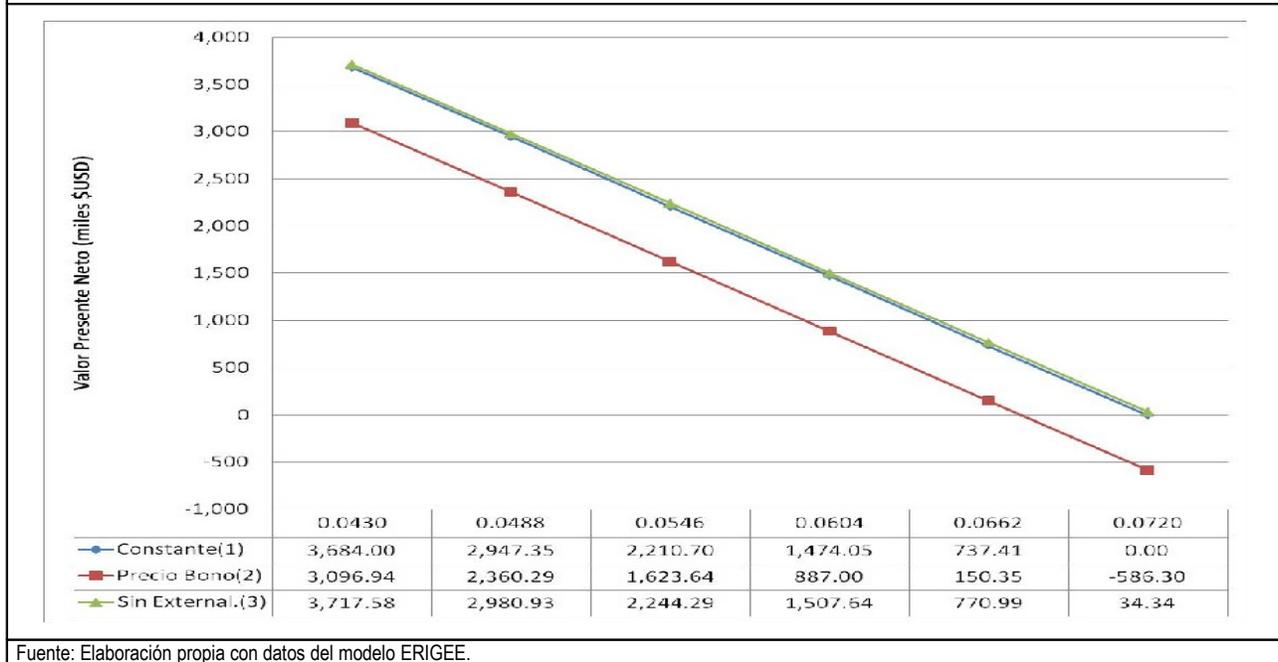


### 5.3.5.2. Sensibilidad al costo del combustible

La Gráfica 16 exhibe el comportamiento del VPN al variar el precio del combustible. Se aprecia la formación de 3 líneas paralelas y descendentes al incrementar los valores del combustible, resultado de las siguientes consideraciones en cada escenario:

1. *Constante (1)*. Se mantuvieron constantes las variables obtenidas en el Balance Nacional de Energía de 2007 y el estudio del Banco Mundial de 2006.
2. *Precio bono (2)*. El mismo procedimiento anterior, pero se agregó el pago del Bono de CO<sub>2</sub>.
3. *Sin externalidades (3)*. Se eliminaron los pagos de renta del terreno, agua y bono de CO<sub>2</sub>.

**Gráfica 16.- ERIGEE termoeléctrica: Variación del VPN en relación al precio de combustible (\$US/kWh)**



Las líneas de los escenarios (1) y (3) prácticamente están superpuestas, indicando que el pago de renta y agua no modifican sensiblemente los resultados. Por otro lado, el que la tecnología termoeléctrica pague el bono de CO<sub>2</sub> por las emisiones emitidas sí produce un cambio significativo en el VPN, obteniendo –incluso– resultados negativos con precios altos de combustible (-586.30).

Esto podría ser particularmente cierto en el caso del combustóleo, pues entre 2005 y 2008 su precio superó los US\$40 hasta alcanzar precios cercanos a los US\$72 (Tabla 37). De acuerdo con el Modelo requiere precios entre US\$29.32 y US\$39.78, por lo cual resulta incosteable con los precios de combustible actuales, aún si no se paga el bono CO<sub>2</sub>, la renta del terreno y el agua.<sup>134</sup>

<sup>134</sup> El barril de petróleo crudo de México promedio US\$54 en 2009, pero en diciembre de 2008 la mezcla mexicana estuvo en US\$132.38 (LÓPEZ, 2010: 24).

	Dubai*	Brent	Nigerian Forcados	West Texas Intermediate	México* * Canasta	México*** Combustóleo
2000	26.20	28.50	28.42	30.37	24.79	25.97
2001	22.81	24.44	24.23	25.93	18.61	21.59
2002	23.74	25.02	25.04	26.16	21.52	24.36
2003	26.78	28.83	28.66	31.07	24.78	30.94
2004	33.64	38.27	38.13	41.49	31.05	33.94
2005	49.35	54.52	55.69	56.59	42.71	42.25
2006	61.50	65.14	67.07	66.02	53.04	49.30
2007	68.19	72.39	74.48	72.20	61.64	50.57
2008	94.34	97.26	101.43	100.06	84.35	71.93

\* 1972 – 1985 Arabian Light, 1986 - 2008 Dubai dated. † 1976 -1983 Forties, 1984 -2008 Brent dated.  
 \*\*Precio medio del crudo exportado (Olmeca, Istmo y Maya). ‡ 1976 -1983 Posted WTI prices, 1984 -2008  
 \*\*\*Precio al público con un tipo de cambio de 13.77 Spot WTI (Cushing) prices.  
 Datos: BP, 2009 y SENER, 2009.

En el ERIGEE la tecnología con carbón resulta viable con precios que van de 102.05 a 131.50 \$US/ton. Los precios internacionales del carbón en los diferentes mercados se ubicaron por debajo del propuesto en todos los escenarios durante el periodo 2000-2007 (Tabla 38), luego en el año 2008 el precio fue superior a nivel internacional y el suministrado a CFE por la región carbonífera de Coahuila se ubicó en US\$220/ton (ENERGÍA HOY, 2009b, 62: 12).

	Northwest Europe †	US Central Appalachian spot price index ‡	Japan coking coal import cif price	Japan steam coal import cif price
2000	35,99	29,90	39,69	34,58
2001	39,29	49,74	41,33	37,96
2002	31,65	32,95	42,01	36,90
2003	42,52	38,48	41,57	34,74
2004	71,90	64,33	60,96	51,34
2005	61,07	70,14	89,33	62,91
2006	63,67	62,98	93,46	63,04
2007	86,60	51,12	88,24	69,86
2008	149,78	116,14	179,03	122,81

† Source: McCloskey Coal Information Service.  
 ‡ Price is for CAPP 12,500 BTU, 1.2 SO<sub>2</sub> coal, fob. Source: Platts.  
 cif = cost+insurance+freight (average prices); fob = free on board.  
 Fuente: BP, 2009.

Los escenarios de inversión ERIGEE en plantas que funcionan a partir de gas son factibles en un rango de precios del gas de entre 6.86 y 8.84 \$US/MBTU. El precio varía dependiendo de la zona de extracción y si es natural o licuado, este último estuvo dentro del precio propuesto en el periodo 2000-2007, pero en 2008 se colocó en más de US\$12/MBTU.<sup>135</sup> En el periodo 2000-2008 el gas natural ha tenido precios mínimos de 3 dólares y máximos de 12 dólares, en los mercados de EUA y Canadá los precios están dentro de los límites de los

<sup>135</sup> México importó en 2008, 3.61 billones de metros cúbicos de gas licuado en total, 1.28 de Trinidad & Tobago, 0.08 de Noruega, 0.09 de Qatar, 1.12 de Egipto y 1.04 de Nigeria (SENER, 2009).

escenarios propuestos (entre 7.99 y 8.85 \$US/MBTU) (Tabla 39).<sup>136</sup>

Lo anterior significa que las termoeléctricas requieren precios bajos en los combustibles para ser rentables, situación difícil de conseguir debido a la volatilidad en los mismos; además, desde el 2004 nuestro país ha experimentado una caída en la producción de petróleo a un ritmo de 25%, dada la declinación de los principales yacimientos como Cantarell, Burgos, Bermúdez, Chinchorro, etc., lo cual ha impedido aumentar la plataforma de producción a los 3 millones de barriles que se producían hace 9 años (CRUZ, 2009: 42).

<b>Tabla 39.- Precios del gas natural y licuado (\$US/MBTU)</b>					
	<b>LNG</b>		<b>Natural gas</b>		
	Japan cif	European Union cif	UK (Heren NBP Index) †	US Henry Hub ‡	Canadá (Alberta) ‡
2000	4,72	3,25	2,71	4,23	3,75
2001	4,64	4,15	3,17	4,07	3,61
2002	4,27	3,46	2,37	3,33	2,57
2003	4,77	4,40	3,33	5,63	4,83
2004	5,18	4,56	4,46	5,85	5,03
2005	6,05	5,95	7,38	8,79	7,25
2006	7,14	8,69	7,87	6,76	5,83
2007	7,73	8,93	6,01	6,95	6,17
2008	12,55	12,61	10,79	8,85	7,99

† Price is for NBP Day-Ahead Index. Source: ICIS Heren Energy Ltd.  
‡ Source: Natural Gas Week.  
cif = cost+insurance+freight (average prices).  
Datos: BP, 2009.

Hoy el objetivo es mantener la producción en un rango de 2.7-2.8 de millones de barriles. Inicialmente se consideraba que la explotación de Chicontepec<sup>137</sup> permitiría alcanzar dicha meta (39% de las reservas totales de hidrocarburos de México, es decir, 17.7 miles de mbpe), pero extraer un barril de petróleo en este emplazamiento cuesta entre US\$20-25 en promedio frente a los US\$3-6 de Cantarell, debido a su complejidad geológica (yacimientos estratificados, baja permeabilidad y presión) que deriva en un bajo factor de recuperación y productividad (proporciona 20-40 barriles diarios por 4-5 años) (RODRÍGUEZ, 2009, 68: 30). Por esta razón, PEMEX ha renovado su interés en campos maduros pequeños que reditúen entre 30 y 34 mil barriles diarios en los próximos 10 años (CRUZ, 2009: 43).<sup>138</sup>

<sup>136</sup> En 2009, en EUA se paga el gas a US\$4.56/MBTU y en México a US\$9, debido a las coberturas adquiridas con PEMEX en agosto del año pasado con el fin de poder enfrentar la volatilidad en el mercado petrolero, ya que el precio del energético llegó a US\$14/MBTU (RED MEXICANA DE ENERGÍA, 2009).

<sup>137</sup> El paleocanal se descubrió en 1926, pero por su complejidad geológica se dejó de lado. El proyecto se llama “Aceite Terciario de Golfo” (3,875 km<sup>2</sup>), se integra de 29 campos en una zona que comparten Veracruz y Puebla. PEMEX fraccionó el área en 8 sectores para dejar su explotación en manos de empresas privadas con trato fiscal preferencial (Schulumberger, Halliburton y Weatherford), durante los siguientes 30 años la explotación costará 30,000mdd, solo en 2009 la inversión fue de 2,314mdd. Sistemáticamente ha incumplido las metas de producción, en 2008 produjo 34,000 barriles de petróleo diarios y la meta era de 70,000 (RODRÍGUEZ, 2009: 30-31).

<sup>138</sup> El USDOE indica que el 70% de la producción proviene de campos con más de 30 años de explotación. México no escapa a esta tendencia. Los campos en declinación son Cantarell, Burgos, Antonio J. Bermúdez, Bellota Chinchorro, Jujo Tecominoacán, Cactus-Sitio Grande, Arenque, Ek Balam, Integral Poza Rica, Delta del Grijalva, Cárdenas, Tres Hermanos,

Asimismo, no existe confianza en que los nuevos descubrimientos puedan relajar la presión, pues en 2004 éstos solamente aportaron nueva producción para abastecer el mercado nacional y los compromisos con el exterior en un periodo de 2.1 meses, 15 días en 2005, 20 en 2006, 1.4 meses en 2007 y 3.9 meses en 2008. Por el momento, México cuenta con un potencial probado de petróleo crudo de 7.5 años al ritmo de explotación actual y aún cuando hoy se pudiera invertir en aguas profundas se tendrían los primeros barriles en 10 años (Ibid. 44).

Por tanto, la mejor opción sería invertir en tecnologías no consuntivas de combustibles, ya que la viabilidad de la generación termoeléctrica depende de:

- a) Combustible a bajo precio;
- b) tasas de interés reducidas;
- c) tasas de incremento de electricidad por encima de la inflación;
- d) y no pagar externalidades (equivalente a un subsidio de la sociedad internacional entera).

Los resultados obtenidos en el modelo de análisis ERIGEE contradicen las tradicionales afirmaciones respecto a la rentabilidad de los proyectos de generación Termoeléctrica, ya que no son tan rentables, aún sin considerar las externalidades, sobre todo aquellas que difícilmente se pueden medir en dinero: a) decomiso de terrenos y la afectación que ello causa a sus pobladores, b) el uso casi gratuito de ríos, pozos y lagos, c) el subsidio social de la infraestructura, d) la afectación de los ecosistemas y la salud humana, entre otros.

## 5.4 Conclusión

El aprovechamiento de la energía eólica se reveló como un negocio rentable capaz de soportar bajo costo del kWh, nulos o bajos incrementos de la electricidad y tasas menores de interés a 8.5%; todo ello, con un bono de US\$14 por tonelada de CO<sub>2</sub> evitada y sin necesidad de ayudas gubernamentales especiales. Mientras que las plantas termoeléctricas analizadas están siendo subsidiadas vía un pago del kWh mayor al de la eólica, con el objetivo de que puedan soportar los altos precios de los combustibles y la afectación que reciben por el incremento en la tasa de inflación.

Si se considera la caída de producción petrolera del país y la importación de gas desde otras latitudes, no conviene depender de un parque eléctrico basado en este tipo de combustibles, por lo cual resulta apropiado comenzar a expandir las tecnologías renovables autóctonas, que en un momento dado aseguren el suministro eléctrico del país, independientemente de si se logran encontrar y desarrollar nuevas reservas.

Igualmente, es importante recalcar que las plantas eoloeléctricas pueden pagar una renta de US\$10.19 por m<sup>2</sup>/a a los propietarios de las tierras en el Istmo, pero teóricamente, en la actualidad les estarán dando US\$6, suponiendo el 1.8% de la generación de electricidad en el análisis de este apartado (los contratos indican de 1-

---

Pol, Abkatún, Tartunich, Batab y Caan, principalmente. Dejaron de producir 741,000 barriles diarios de 2004 a 2009, más de la mitad del crudo que hoy utilizan las seis refinerías estatales.

1.8% máximo). Sin embargo, de acuerdo con las quejas de los ejidatarios están recibiendo mucho menos de lo pactado, algunos señalan US\$0.0010 m<sup>2</sup>/a, es decir, US\$10.94 o \$150 por hectárea al año.

La destrucción del mito de la energía eólica más cara que la energía termoeléctrica fue útil, pero se deben encontrar nuevas herramientas de análisis, ya que la unidad de medida “moneda/dinero” no responde satisfactoriamente a las preguntas sobre el bienestar de la humanidad y la naturaleza que la sostiene.

Además, se debe reconocer que el estudio de las externalidades es todavía débil, sobre todo al traducirlas a su costo en dinero: ¿cuánto cuesta el aumento del ruido producido por las turbinas eólicas sobre los habitantes del lugar de emplazamiento?, ¿cuánto cuesta la alteración del paisaje?, ¿cuál es el efecto de la instalación de aerogeneradores en los seres vivos de la región?, ¿qué opción será más beneficiosa para el medio ambiente importar aerogeneradores o producirlos en México?, ¿qué consecuencias sociales serán generadas como resultado de la concentración del pago por alquiler de tierras en unas pocas familias en una economía de baja circulación de dinero?, ¿cuántos valores culturales y tradiciones serán destruidos en nombre del “progreso” y el “bienestar” económico?

No imaginamos a la humanidad comunicándose a través de palomas mensajeras, dos botes y un cordel, señales de humo y el correo a caballo, en vez de celular. Los seres humanos hemos recorrido un largo trecho en el uso de la energía en nuestro “bienestar”, podremos a elección individual prescindir de algunas comodidades, pero una cosa si es definitiva, a menos que un colapso ambiental se produzca y nos devuelva a otra Era de las Cavernas, los seres humanos seguiremos demandando energía. Se debe poner todo el ingenio en favor de obtenerla de la manera más respetuosa con la naturaleza.

## 6. El Fondo de Autofinanciamiento Social de Desarrollo de Energías Renovables (FASDER)

### Objetivo:

Proponer la creación de un Fondo de financiamiento social de proyectos energéticos basados en ER, como parte de una estrategia de aprovechamiento incluyente y conducido por la sociedad.

### 6.1 Introducción

Este capítulo contiene una propuesta de financiamiento social de proyectos eléctricos con ER enfocado en la eólica, conducido por instituciones académicas y al mando de la sociedad, basado en la necesidad de densificar lo social mediante la retención de beneficios locales. Se exhiben casos de éxito en la gestión local de recursos eólicos y, por otra parte, las experiencias de China, India y España en la creación de una industria eólica nacional a través de la aplicación de medidas de contenido local, gravámenes a la importación, entre otras.

En el capítulo precedente se demostró la superioridad de la energía eólica sobre las tecnologías termoeléctricas consideradas en este estudio en términos de emisión de contaminantes, daños a la salud, uso de agua, empleo de combustibles y eficiencia en la producción.<sup>139</sup>

Además, mediante el modelo ERIGEE el aprovechamiento de la energía eólica se reveló como un negocio rentable, capaz de soportar bajo costo del KWh y nulos incrementos en el precio de la electricidad, tan sólo con el pago del bono de carbono a US\$14 y sin necesidad de ayudas gubernamentales especiales; mientras que la viabilidad de las plantas termoeléctricas está directamente relacionada con precios bajos en los combustibles (casi imposibles de obtener en la actualidad), incremento de la tarifa eléctrica por encima de la inflación (CFE premia la ineficiencia termoeléctrica en el precio del kWh) y el no pago de externalidades (p.e. los bonos son pagados con recursos internacionales).

Estos atributos justifican la implementación masiva de las eoloeléctricas en nuestro país, sin embargo, en el periodo 2009-2013 se instalarán 3,218 MW basados en combustibles fósiles y tan sólo 750 MW hidroeléctricos, 507 MW eoloeléctricos y 161 MW geotérmicos. En lo referente a los requerimientos de capacidad adicional no comprometidos para el periodo 2012-2024 se instalarán 14,848 MW, de los cuales se prevé que los ciclos combinados proporcionen 10,654 MW, las carboeléctricas de nueva tecnología 2,800 MW, las eoloeléctricas 1,216 MW y la geotermia 150 MW (SENER, 2009c: 129 y 132). Todo ello, a pesar de que cada vez importamos más gas a precios exorbitantes y nuestras reservas de petróleo van dilapidándose.

<sup>139</sup> La energía eólica es base fundamental de la reducción de emisiones de GEI, cuyo costo para el país se calcula entre 2.2% y 6.6% del PIB en el 2100. El costo total del cambio climático se calcula en 7.6% y 40.4%. La variación depende de la tasa de descuento aplicada de 4% o 0.5% respectivamente. Incluye el costo de los sectores agrícola, agua, uso de suelo, biodiversidad, turismo internacional, costos indirectos de la biodiversidad y pecuario (GALINDO, 2010).

En México las nuevas adiciones eólicas están a cargo de empresas privadas en busca de maximizar sus ganancias, situación que las lleva a aprovechar los incentivos gubernamentales que paga la sociedad entera vía impuestos y bajas rentas por la tierra, lo cual ha generado una fuerte oposición de los ejidatarios a los proyectos eólicos. Esto deberá corregirse si se aspira a ampliar la contribución de la energía eólica al sistema eléctrico nacional.

Los datos antes señalados obligan a que la población participe en la definición de las metas de política energética con una concepción diferente a la actual y, al mismo tiempo, desarrolle esquemas novedosos de cambio en el sector. Aquí se propone una ruta, pero la discusión entre la población podría dar origen a otras líneas de actuación diferentes y con mayor probabilidad de éxito.

Se plantea un Fondo de financiamiento de las ER, puesto que el modelo ERIGEE mostró lo crítico que resulta el costo del capital, los proyectos eoloeléctricos en presencia de una tasa de interés superior al 8.5% son inviables. En la realidad mexicana alcanzar dicha tasa es bastante posible debido a la extranjerización de la banca, la casi desaparición de la banca de desarrollo y la caída en picada del financiamiento al sector productivo.

Asimismo, se traza un esquema conducido por la sociedad que derrame los beneficios sobre la población, porque las compañías no están dispuestas a sacrificar sus ganancias en favor de los habitantes involucrados en los proyectos eólicos, lo cual se ha observado en las granjas implantadas en el Corredor del Istmo de Tehuantepec, donde las necesidades de las comunidades son dejadas de lado en un contexto diferenciado de capacidades, poderes y espacios de maniobra política. Esta realidad exige la elaboración de acciones públicas más integrales, tal como se verá más adelante.

## **6.2 Proyectos eólicos, centralidad de lo social y política pública**

La política o acción pública busca transformar el entorno social existente mediante la concatenación de actividades, decisiones o medidas dirigidas a alcanzar fines colectivamente construidos, por lo cual su elaboración requiere de la participación de los distintos actores sociales gubernamentales y no gubernamentales (asociaciones civiles, religiosas, económicas, comunitarias, etc.).

Esta definición contrasta con la práctica tradicional en los países en desarrollo donde el Estado ha sido considerado el actor principal con un alto grado de autonomía social, cuyas políticas constituyen el reflejo de los intereses de los grupos dominantes, llevando a una profunda desigualdad y descontento social.

En los últimos 25 años, la economía mexicana dispuso de amplios recursos financieros, sin embargo, el país no logró desarrollarse. Aunque las tasas de inversión permanecieron relativamente altas, la calidad de las inversiones y la selección de los proyectos que permitieron las instituciones existentes favorecieron la corrupción gubernamental y del sector privado, el amparo de rentas monopólicas, el lento crecimiento, las devaluaciones

abruptas, la profundización de la pobreza y del déficit público (AYALA, 2003: 19-20).

De acuerdo con Oswald (2009), *“el actual desarrollo del mundo y la globalización excluyente están utilizando ciencia y tecnología para concentrar aún más la riqueza en unas pocas manos, lo que ha contribuido a nuevas inseguridades, violencia, destrucción ambiental, pero también terrorismo e inconformidad social. La desigualdad interna y extrema explotación han generado frecuentemente oposición por parte de los excluidos, fenómeno que pudiera desestabilizar el frágil equilibrio y amenazar a aquéllos en el poder...”*

*Los pueblos de la tierra están conscientes de que el mundo cuenta con recursos naturales cada vez más escasos y requiere modelos distintos de diálogo, cooperación, acuerdos y sobre todo, nuevas metas de negociación y de estrategias para lograr los desafíos del futuro. Los nuevos caminos para adaptarse a estas situaciones complejas y amenazantes son la tolerancia, el entendimiento mutuo, el respeto a la diversidad, la coexistencia y la cooperación.”*

De acuerdo con la información expuesta en capítulos precedentes, no queda duda de que la energía eólica es una opción adecuada para el sector eléctrico mexicano en términos estratégicos, ambientales y de rentabilidad; sin embargo, el papel social de este tipo de proyectos depende de la adecuación de esquemas institucionales dirigidos a incentivar la distribución de los beneficios entre la población.

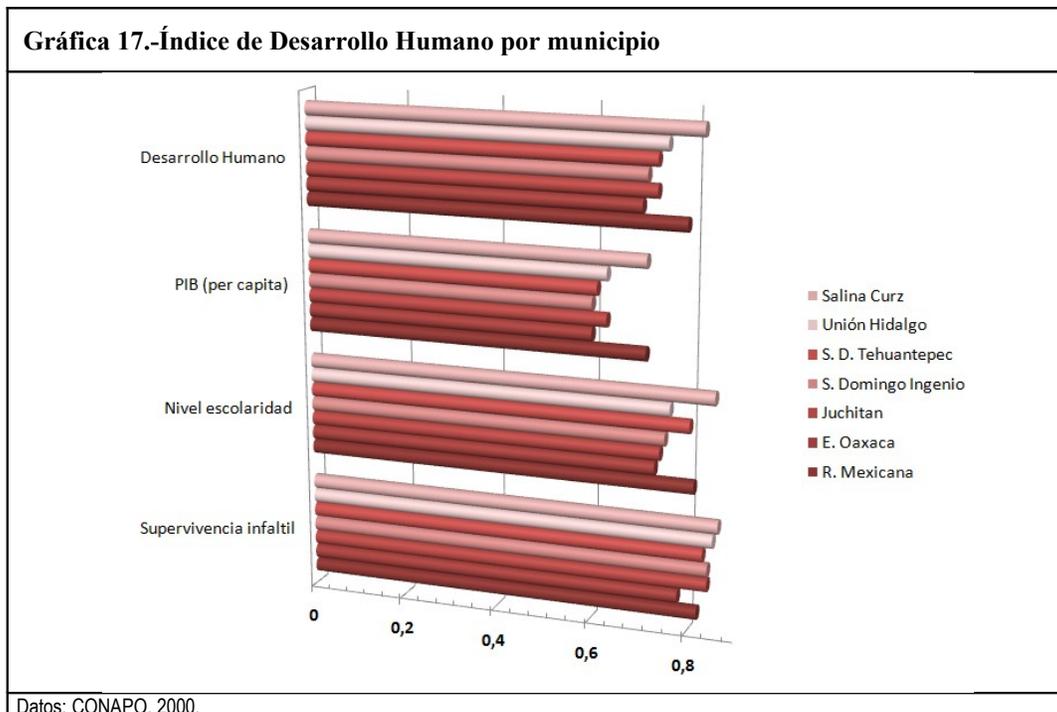
Los esquemas vigentes han suscitado la oposición de pobladores del Istmo oaxaqueño a los parques eólicos a gran escala, ya que en aras del “interés nacional” se están dando todas las facilidades a los inversores mayores y se omite el establecimiento de objetivos sociales. Esta concepción tiende a perpetuar la paradoja que viven diversas regiones del país donde se registran elevados niveles de productividad, pero subsiste el hambre, la desnutrición y la carencia de servicios básicos; claramente reflejada en la diferenciación espacial dada por el papel productivo-económico y socio-político que cumple cada región dentro de la matriz del desarrollo nacional, cuyas desigualdades sociales e ineficiencias económicas se traducen en brechas regionales evidentes en la distribución de los recursos gubernamentales, demográficos, industriales, comerciales y naturales.

Precisamente, el *Índice de Desarrollo Humano* (IDH) permite identificar los contrastes y desigualdades regionales, revelando la existencia de mundos diferentes en un mismo país. Se trata de una medida de logros relativos respecto a un estándar de referencia que considera las tasas de mortalidad, escolaridad, supervivencia, PIB per capita; acceso al agua entubada, electricidad, refrigeración, entre otros.

En términos generales, los municipios con alto IDH se localizan principalmente en el norte del país, en los espacios urbanos y metropolitanos, mientras los registrados en la categoría de desarrollo humano medio bajo y bajo, coinciden con aquellas unidades territoriales con una importante presencia indígena. En este sentido, más de la tercera parte de la población de Chiapas y Oaxaca reside en municipios con desarrollo humano bajo (menos de 0.500) o medio bajo (0.500 a 0.649), en contraste con el nivel alto de las delegaciones del Distrito Federal de

0.800 o más (CONAPO, 2000).

Estos datos reafirman la idea de la fuerte polarización<sup>140</sup> que ha caracterizado el desarrollo del país, reflejada en el deterioro manifiesto de la base productiva (incluida la infraestructura básica), la calidad de vida de sus pobladores en términos materiales (pobreza, indigencia), las instituciones (sistemas de justicia, seguridad, educación, salud, representación política y social, etc.), las condiciones de confianza, convivencia y expectativas (procesos de emigración), el medio ambiente (deforestación, erosión, pérdida de biodiversidad, contaminación), entre otras (CORAGGIO, 2006: 25).

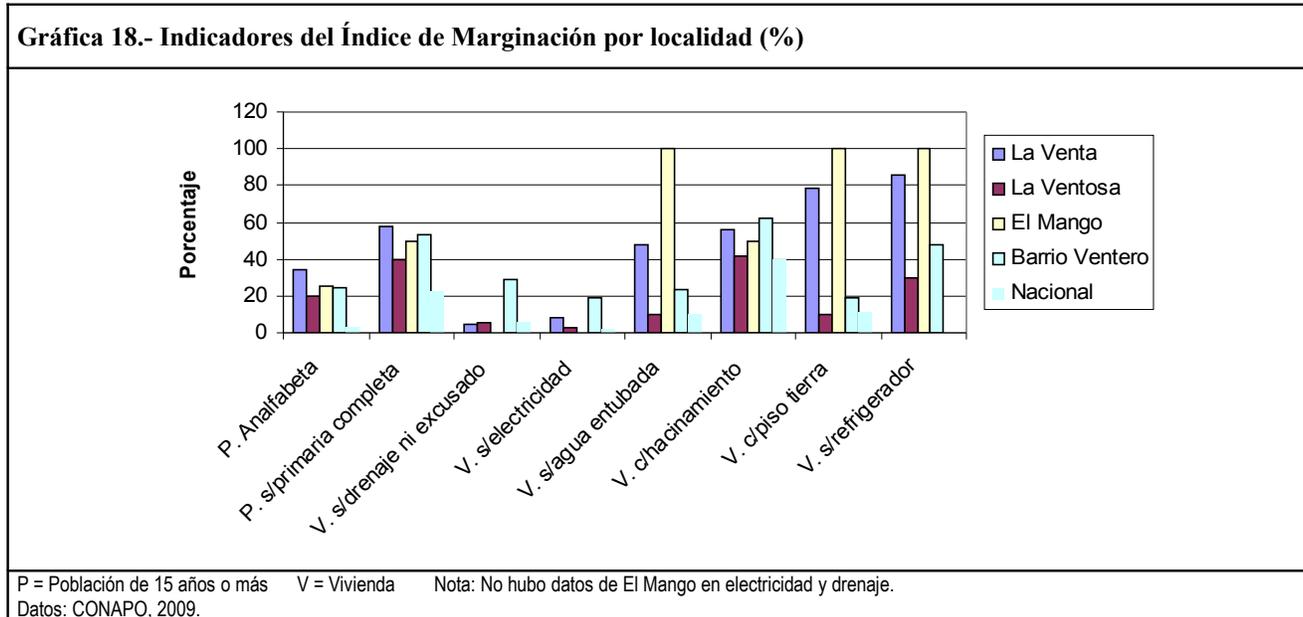


La heterogeneidad territorial exige la aplicación de políticas diferenciadas con acento en las características y necesidades propias del lugar donde serán ejecutadas y con la participación de los afectados, atendiendo las esferas social, económica, política y ecológica, en contraposición a las clásicas acciones centralizadas que asignan la vocación a un territorio con base en sus recursos naturales, el interés privado oculto bajo la máscara del “interés general”, con nula participación social y creciente concentración de los beneficios en pocas manos, cuyas consecuencias palpables han sido la extracción indiscriminada de las riquezas naturales, la pauperización de la población y su oposición frontal a este tipo de proyectos (léase el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec).

Los municipios oaxaqueños ubicados en la zona de mayor potencial eólico (Juchitán de Zaragoza, Santo

<sup>140</sup> La polarización implica la creación de una estructura coherente de relaciones económicas y sociales que parte de un centro dominador de un área dependiente. Las relaciones entre los dos elementos son asimétricas, la influencia del centro es determinante en la evolución del área circundante (PENOUIL, 1985: 20).

Domingo Tehuantepec, Santo Domingo Ingenio, Unión Hidalgo y Salina Cruz), gozan de un IDH “medio alto” menor a la media nacional y mayor que el estatal, excepto Salina Cruz con un índice superior a la referencia nacional, ya que ahí se ubican importantes industrias de cemento, refinación de petróleo, empaçado de camarón y astilleros (Gráfica 17).



Por otra parte, si se acude al *Índice de Marginación* por localidad que es una medida de déficit y de intensidad de las privaciones y carencias de la población en dimensiones relativas a la educación y vivienda, es posible caracterizar con mayor precisión las insuficiencias en los poblados donde se están estableciendo proyectos eólicos (Gráfica 18). En todos los rubros la marginación es superior a la media nacional, lo cual significa que la mayoría de esas localidades carece de los servicios básicos y enfrenta un alto grado de analfabetismo y deserción escolar.

Es difícil suponer que la concentración de proyectos eólicos en la zona pueda transformar esta dinámica y mejorar el acceso a los mínimos básicos, pues la praxis gubernamental tiende a aprovechar el recurso natural de la zona, incentivando únicamente la inversión empresarial en la producción eoloeléctrica a gran escala a través de la seguridad en la propiedad de la tierra y alquileres reducidos, infraestructura de interconexión, acceso a la red nacional eléctrica, contratos de compra-venta de electricidad y subvenciones en el precio.

Como afirma Penouil (1985: 26): “La búsqueda de una producción máxima no tiene sentido si se logra a expensas de un decaimiento de las condiciones de vida de gran parte de la población.” Por esta razón, se debe realizar un viraje en la concepción de los proyectos y acciones en los planos local, regional y nacional. El objetivo primigenio debe ser “densificar” o “empoderar” lo social, es decir, levantar el nivel de vida de individuos, familias y colectividades (ZERMEÑO, 2009: 146).

La idea de empoderamiento pone de relieve la asimetría entre distintos actores sociales y es el proceso mediante el cual se trata de generar mecanismos que disminuyan dicha asimetría, buscando revertir las relaciones de poder a favor de quienes están en desventaja. Zimmerman (ZAMBRANO *et.al.*, 2009) afirma que el empoderamiento puede darse en el nivel individual, organizacional y comunitario. Para lograr el empoderamiento en el nivel individual son básicos la participación con otros, lograr metas, los esfuerzos de acceso a los recursos y una comprensión crítica del medio sociopolítico. En el nivel organizacional incluye procesos y estructuras que animan la participación de los miembros y estimulan la efectividad organizacional. Por último, a nivel comunitario el empoderamiento se refiere a las acciones colectivas de mejora de las condiciones de vida, de las conexiones intracomunitarias y con otras instancias o agencias.<sup>141</sup>

El empoderamiento o la densidad social no sólo se logra con base en su localización o disponibilidad de recursos naturales sino, principalmente, en la capacidad de su población para construir y movilizar sus recursos. Dicha capacidad refleja la historia, los hábitos y las aspiraciones de una sociedad particular, y se manifiesta en el nivel de especialización productiva y desarrollo tecnológico, en los mecanismos de comercialización, las formas de transmitir la información, lograr consensos y de tomar decisiones (MORALES, 2002: 6). La densidad es mayor cuando la gente tiene conciencia de pertenecer a un lugar (territorio), tiene noción de sus límites, lo considera su espacio colectivo y lo defiende. Esto permite que las personas inviertan parte de sus recursos en apoyo compartido, en solidaridad grupal y no se limiten a fines personalizados (ZERMEÑO, 2009: 146).

A este respecto, algunos autores explican el menor rezago social en ciertas comunidades indígenas como resultado de la conservación de lazos de solidaridad, identidad, trabajo colectivo, etc. (TOLEDO, 2004; QUINTANA, 2010; PLACENCIA, 2010; CONCHEIRO, 2010; ESCALONA, 2010). Este es el caso de la región Istmo de Oaxaca que concentra al 16% de la población del estado (560,196 habitantes)<sup>142</sup> y de la cual el 32% pertenece a algún grupo étnico (Zapoteca, Mixe, Huave, Mixteco, Zoque o Tzotzil, principalmente).<sup>143</sup> A pesar de su composición, se encuentra entre las regiones con bajo y muy bajo *Índice de Rezago Social Indígena*, al lado de la Otomí de Hidalgo y Querétaro, Maya y Chontal de Tabasco, y de manera completamente opuesta a la Tarahumara, Gran Nayar, Montaña de Guerrero, Los Altos de Chiapas y Selva Lacandona, con índices de muy alto rezago (CONAPO,

<sup>141</sup> Los conceptos de empoderamiento en el nivel comunitario y el de capital social comunitario aluden a la relevancia de los recursos humanos en la forma de redes asociativas que pueden brindar apoyo o colaborar en los propósitos de la comunidad. Así, la propiedad compartida de esta red permitiría tener acceso a otro tipo de recursos que son de importancia para las personas en la medida que pueden aportar a mejorar las condiciones de vida. El capital social pone el acento sobre el recurso que aporta esta red y los atributos de la misma (confianza, reciprocidad, trabajo en torno a propósitos comunes), y el empoderamiento sobre el proceso de acceso a estos recursos y cómo ello implica obtener mayores grados de autodeterminación (ZAMBRANO *et.al.*, 2009).

<sup>142</sup> Los municipios de mayor concentración son Juchitán de Zaragoza, Salina Cruz, Santo Domingo Tehuantepec, Matías Romero, San Juan Guichicovi y Ciudad Ixtepec.

<sup>143</sup> Los diez municipios con mayor población indígena son: Juchitán de Zaragoza, San Juan Guichicovi, San Blas Atempa, San Mateo del Mar, Unión Hidalgo, Asunción Ixtaltepec, Matías Romero, Santo Domingo Tehuantepec, Santa María Xadani, Ciudad Ixtepec y Salina Cruz.

2005: 3; CDI, 2005: 3).

No obstante, la mayoría de los programas gubernamentales del último cuarto de siglo han ido desechando cualquier referencia al espacio público (solidario) como medio para enfrentar la exclusión y se han focalizado de manera extrema en lo individual, en lo familiar o en la empresa aislada, creando diferencias en el seno de la precariedad, destruyendo las bases de la solidaridad, el asociativismo y la confianza colectiva (ZERMEÑO, 2009: 145, 147). Esto no significa que se haya cancelado totalmente el asociativismo regional, de hecho, ha habido varios ejercicios de participación social, la mayoría han sido proyectos productivos, pero otros se han centrado en las condiciones de vida de territorios local-regionales respecto a urgencias como el medio ambiente, la salud, la educación, la riqueza cultural, la solidaridad y la prevención contra la violencia social. No todos han sido exitosos y duraderos, pero forman parte del esfuerzo colectivo de la población por mejorar sus condiciones de vida ante un modelo económico, político y social que permite la monopolización del producto por una minoría.

En este contexto, la propuesta es llevar a la práctica un programa de aprovechamiento de energías renovables desde y para la sociedad, que se erija como constructora y receptora privilegiada de esos proyectos. Naturalmente, ello requiere la adecuación de mecanismos institucionales dispuestos a apoyar una iniciativa de tal magnitud, por ejemplo, en términos de organización, financiamiento, asesoría técnica y capacitación, entre otras.

Aquí únicamente se aborda de manera amplia el tema de la financiación a través de la creación de un Fondo, sin entrar de lleno en otros asuntos que también son de suma importancia.

### **6.2.1 Los proyectos de energía renovable, el empleo y el salario**

En regiones en donde la agricultura o la industria tradicional están en declive, los proyectos de energía renovable ofrecen una oportunidad de diversificar las actividades económicas debido a que la producción no puede ser transferida a ningún otro lado. En España generaron 44,970 puestos de trabajo en el año 2010 y se espera que en 2020 se creen 84,397, aproximadamente. Por ejemplo, en Castilla y León se han instalado 467 empresas en el sector de las ER, generando un total de 2,551 puestos de trabajo (ESCANDA, 2010).

En México, los emplazamientos eólicos han creado 500 empleos directos y alrededor de 5,000 indirectos (ZENTENO, 2011: 40). Esto da cuenta de su utilidad en un país donde el 5.5% de la población económicamente activa permanece en el desempleo (INEGI, 2011) y según el Informe mundial sobre salarios 2010-2011 la crisis económica redujo a la mitad los aumentos salariales en todo el mundo. El crecimiento real del salario mínimo en el país se encuentra sólo por encima de países como Haití, Trinidad y Tobago, República Dominicana y Bahamas (Tabla 40) y lejos de países como Argentina que el año pasado tuvo un crecimiento en la remuneración mínima mensual de 9.3%, Bolivia de 8.3%, Brasil de 6.8% y Nicaragua de 11.4%. Los trabajadores de bajos salarios tienden a ser jóvenes, gran proporción de mujeres y son más propensos a pertenecer a una minoría étnica, grupo

racial o inmigrante en desventaja (OIT, 2010: 41 y 46).

Año	México	Mundo
2007	-0.1	2.8
2008	-1.1	1.5
2009	-0.6	1.7

Fuente: OIT, 2010:3 y 25.

Al lado de los bajos salarios se encuentra el reducido apoyo que reciben la pequeña y mediana empresas (Pymes) a pesar de que generan el 70% de los empleos del país y la mitad de la riqueza nacional. Al principio del sexenio la proporción era de 1 peso en Pymes por 3 en seguridad y, de acuerdo con el Presupuesto de Egresos de 2011, este año se les destinará una décima parte del gasto dedicado a las actividades en seguridad, orden y justicia (GONZÁLEZ, 2010: 26), en lugar de combatir la raíz de la desintegración de la sociedad mexicana.

Precisamente, el incremento en el porcentaje de pobres<sup>144</sup>, el desempleo, el aumento del precio de los alimentos y los bajos salarios, han colocado a una importante proporción de la población en la desnutrición, ya que los hogares de más bajo ingreso destinan en promedio 52% de su gasto a la compra de alimentos en comparación con el 23% de la población del sector de mayores ingresos, esto los vuelve más vulnerables (CONEVAL, 2010: 34).<sup>145</sup>

Además, en materia de distribución del ingreso, la región latinoamericana sigue siendo una de las más desiguales del mundo: los cuatro deciles más pobres captan en promedio menos del 15% del ingreso total, mientras el decil más rico concentra alrededor de un tercio del mismo. El ingreso medio obtenido por el 20% más rico de la población supera 19.3 veces al del quintil más pobre (CEPAL, 2009: 29).

La suma de todos estos elementos nos deben llevar a la construcción de esquemas económicos viables para la población; las ER son una alternativa, pero se deben encontrar fórmulas efectivas de distribución de los beneficios.

<sup>144</sup> En Latinoamérica durante el 2008 el número de pobres en la región avanzó sólo 0.1%, al pasar de 33.0% a 33.1% de la población. En cambio, en México la pobreza se profundizó alcanzando niveles por encima del promedio regional. En 2002, el 39.4% de la población era pobre, mientras un 12.6% se encontraba en la indigencia; en 2006 hubo una reducción en ambos rubros, alcanzando 31.7% la pobreza y 8.7% la indigencia; y en 2008 se vuelve a experimentar un incremento colocándose en 33.0% y 12.9%, respectivamente (CEPAL, 2009: 5 y 10).

<sup>145</sup> En 2008, Chiapas, Guerrero, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Veracruz y Tlaxcala tenían entre 25% y 35% de su población sin acceso a la alimentación. La desnutrición crónica en menores de 5 años es de 12.7% en el país, en el norte es de 7.1% y en el sur de 18.3%, en las localidades rurales es de 19.9% y en las urbanas de 10.1%, y en la población indígena es de 33.2% frente al 10.6% de los no indígenas (CONEVAL, 2010: 66-67).

## 6.2.2 La gestión local y cooperativa

Las fuentes de ER se basan en canales de energía distribuidos en grandes áreas, que sumados a la inversión local y gestión cooperativa de la producción han permitido en otros países un reparto equitativo de la riqueza y la apropiación del proyecto por parte de los habitantes en una región dada.

Esto mismo podría ocurrir en nuestro país si se decide entrar de lleno en una transformación tecnológica en el sector energético en favor de las ER, lo cual redundaría –dependiendo de la concepción de la política pública-, en una mejoría de las condiciones de vida de la población al ser incluidos como participantes y beneficiarios de dicha forma de producción eléctrica.

La generación de energía a través de cooperativas no sólo genera energía “verde”, sino que contribuye a la revitalización de la zona incluyendo la creación de empleo e ingresos a largo plazo y ayuda a paliar la emigración. Como han probado varias políticas europeas, se puede construir redes sociales dentro del marco de un proyecto local, lo que impulsa la creación de nuevos proyectos debido al apoyo e intercambio con el proyecto inicial. La experiencia de la producción y gestión cooperativa puede contribuir en la reclamación del espíritu comunitario en el campo y así aumentar su atractivo como espacio vivo (ESCANDA, 2010).

En Europa hay numerosas experiencias exitosas en las que la comunidad se ha convertido en el elemento clave del éxito de proyectos de infraestructura de ER, bien por ser promotoras de la iniciativa o por su apoyo en la ejecución y desarrollo del proyecto. Los ciudadanos han participado como promotores de la producción y comercialización de ER, como propietarios de empresas generadoras o distribuidoras organizadas con estructuras participativas o como accionistas de proyectos (SCHAEFER, 2010).

Las experiencias en esta línea han sido motivadas por diversas razones de acuerdo con la ubicación geográfica y los problemas asociados a dicha espacialidad, sin embargo, la principal es la dominancia de los proyectos transnacionales en el ámbito eólico, los cuales se caracterizan por acaparar las utilidades, extraer los beneficios de la región y limitar la creación de puestos permanentes de trabajo.

A continuación se presenta una reseña de las iniciativas comunitarias en el ámbito de las ER donde están involucrados mujeres, desempleados, colectivos desfavorecidos, comunidades de vecinos o islas enteras. En algunos casos son pequeños colectivos y en otros reúnen a miles de socios y clientes (FERNÁNDEZ, 2010).

### 6.2.2.1. Alemania

Como la mayoría de los programas de subvención no cubren el 100% de los costos, se trata de animar a los inversores a encontrar otras fuentes de financiación privadas, las más importantes son los fondos de inversión, las soluciones financieras y las llamadas “tarifas de electricidad verde”. Actualmente, el 90% de las

turbinas eólicas pertenece a particulares<sup>146</sup> y más de 200,000 personas están involucradas en cooperativas, como resultado de una combinación de diversos instrumentos (FERNÁNDEZ, 2010; SCHAEFER, 2010; ESCANDA, 2010):

1. El Programa Viento dirigido en primera instancia a proyectos de 100 MW y luego de 250 MW, estuvo vigente de 1989 a 1998 y subvencionaba durante 10 años hasta con €0.031 por kWh de electricidad inyectada a la red de distribución, ya fueran productores particulares, empresas privadas u otras entidades legales.
2. El Programa de Recuperación Europeo (ERP) –administrado por el banco federal Deutsche Ausgleichsbank (DtA)-, ofrece créditos a pagar en un plazo de 10 años a un interés del 5% para inversiones en fuentes de ER. Los créditos se conceden hasta un máximo de 50% de la inversión total.

Este trato favorable provocó que muchos inversores se convirtieran en productores de energía, entre ellos algunas cooperativas formadas expresamente, por ejemplo:

- En el marco de la Agenda local 21, en Munich, un grupo de ciudadanos se organizó para promover la instalación de paneles fotovoltaicos en los tejados. El Grupo de Trabajo sobre Energía estableció un convenio marco con el Ayuntamiento con el objetivo de poder instalar el equipo en los tejados municipales, negoció con la empresa transportadora y distribuidora eléctrica las condiciones de venta de energía y estableció el modelo asociativo. El resultado fue la creación de una empresa con cuatrocientos accionistas con participaciones a partir de €1,500 y 13 instalaciones fotovoltaicas ciudadanas en escuelas públicas (SCHAEFER, 2010).
- Windfang creada en 1992, es la primera sociedad cooperativa en Alemania que construye plantas eólicas y solares propiedad y gestión exclusiva de mujeres. Sus objetivos son: el aumento en el uso de ER, el incremento en el conocimiento sobre factores técnicos y ecológicos, la comunicación de la experiencia a otros círculos de mujeres, el aprendizaje de nuevas habilidades para la vida profesional y la demostración de que las mujeres pueden ganar dinero con una producción innovadora de energía en un mercado ecológico y social. La decisión de restringir el acceso surge del hecho de que los campos relacionados con la energía están dominados mayoritariamente por hombres. La cantidad mínima de inversión es de €1.500, se pueden realizar varias inversiones pero el límite son 10 acciones. El proceso de toma de decisiones sigue el lema “una mujer – un voto”, sin importar la cuantía de su inversión. De esta manera se consiguió el dinero para las primeras turbinas, con una amortización de 6 años y la obtención de dividendos de entre 4% y 9% de la inversión. Una parte de los beneficios derivados de la venta de la energía se utilizaron en la planificación e instalación de

<sup>146</sup> Equivalente 684 MW, es decir, un tercio de los 2,050 MW de capacidad total instalada en 2004 (GIPE, 2004).

nuevos proyectos de ER (ESCANDA, 2010).

- Schönau (EWS). En 1986, tras el accidente de Chernobil la radioactividad llegó al sur de Alemania y un grupo de padres y madres crearon una Asociación de fomento del ahorro energético en la comunidad, esto condujo en 1990 a la constitución de una empresa destinada a financiar pequeñas estaciones energéticas descentralizadas. El marco legal no favorecía el ahorro energético, los intervalos de la tarifa eléctrica iban disminuyendo de costo conforme aumentaba el consumo energético y la tarifa baja que pagaba la empresa suministradora por la compra de energía dificultaba la viabilidad de las estaciones energéticas descentralizadas. Frente a esa situación, los impulsores crearon la Asociación Compra la Red y la Empresa Eléctrica Schönau (EWS), con el objetivo de poder comprar la red de distribución energética local y establecer una política energética propia. Ello propicio que la Asociación luchara contra la empresa distribuidora y el propio Ayuntamiento que quería renovar el contrato de suministro. Al cabo de diez años de lucha y gracias a un referéndum popular y una campaña de búsqueda de financiación por toda Alemania, la EWS obtuvo la concesión de la distribución energética para los siguientes veinte años, y pudo aplicar una tarifa que premia el ahorro energético, el ofrecimiento de energía verde –excluyendo la de producción nuclear o de combustibles fósiles–, y la financiación de proyectos de ahorro y eficiencia energética. En 2003 la EWS tenía 750 socios –mayoritariamente de Schönau–, 23,000 clientes en toda Alemania y había subvencionado más de seiscientos instalaciones de producción de electricidad con ER (SCHAEFER, 2010).

#### **6.2.2.2. Argentina**

El 93.6% de la potencia eólica total instalada en Argentina está en manos de cooperativas presentes en las Provincias de La Pampa (1.8 MW), Santa Cruz (2.4 MW), Chubut (17.46 MW), Buenos Aires (5.7 MW) y Neuquén (0.4 MW), la mayoría surte a la red local y regional (CADER, 2009: 40).<sup>147</sup>

Casi todos los parques en operación abastecen a una red local cautiva de usuarios manteniendo un precio de venta de la electricidad de 7.5 centavos US\$/kWh, superando el costo de generación propio de 6.7 centavos US\$/kWh, lo cual ha permitido la consolidación de al menos tres desarrolladores de aerogeneradores: IMPSA que hace turbinas hidráulicas con diseño propio y reconocidas internacionalmente (MW), NRG Patagonia (MW) e INVAP (4-10 kW) (ALIHUEN, 2004).

Igualmente, se permite la participación de las cooperativas en proyectos de licitación. La Federación de

<sup>147</sup> En la Pampa, la Cooperativa de Servicios Públicos del General Acha Ltda.; en Santa Cruz, la Cooperativa Eléctrica Comodoro Rivadavia y la Cooperativa de Servicios de Rada Tilly; en Buenos Aires, la Cooperativa Eléctrica Tandil-Azul Ltda., la Cooperativa Eléctrica de Punta Alta Ltda., la Cooperativa Eléctrica de Darregueira, la Cooperativa Eléctrica de Mayor Buratovich y la Cooperativa Eléctrica de Claromeco; en Neuquén, la Cooperativa Eléctrica de Cutral-Có.

Cooperativas de la Región Sur (FECORSUR) ganó un premio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por un proyecto de electrificación rural con ER enfocado en proporcionar electricidad a 300 habitantes dispersos en la Provincia de Río Negro (ALIHUEN, 2004).

Por último, en 2009, Argentina planteó como objetivo alcanzar 8% de ER en 2020, para ello, reformó la ley otorgando un subsidio de \$15 por MW en la producción a gran escala. Además, lanza el Programa GENREN, cuyo propósito será licitar la instalación de 1000 MW de los que la mitad son eólicos. Las ofertas deben contener componentes locales en proporción adecuada en cada paso (planeación, construcción y operación), las empresas extranjeras deberán asociarse con una compañía local para poder concursar. La compra de la energía eléctrica a los adjudicatarios de la licitación se entregará a CAMMESA (la compañía administradora del mercado mayorista eléctrico) (AAEE, 2009).

### **6.2.2.3. Dinamarca**

A partir de la crisis energética de la década de 1970, Dinamarca apostó a una política activa en ahorro y diversificación energética, de modo que los instrumentos fiscales y financieros de fomento de las ER han creado un ambiente favorable para las nuevas tecnologías y con alta aceptación social.

Desde 1975, la estrategia activa de información jugó un papel importante en asegurar la participación local. Surgió en las escuelas universitarias, oficinas de energía, la Organización para las Energías Renovables (OEV), la Organización de Energía Eólica Danesa (formada por propietarios de generadores) (ESCANDA, 2010).

El sistema de precios mínimos garantizados fue la base y la razón principal del crecimiento del número de propietarios y de financiación de generadores de energía eólica. En la legislación original, los principios básicos señalaban que la gente debería poseer los generadores que estaban dentro de sus barrios y los particulares sólo podrían comprar la porción financiera de la instalación equivalente al consumo de la energía eléctrica de sus casas. Se permitió a los granjeros instalar un generador en sus propiedades. Hoy en día, esta perspectiva ya no forma parte de la política pública, en 1993 hubo una reforma de los impuestos en favor de los generadores pertenecientes a una sola persona y eliminó las ventajas de los productores comunitarios. A partir de 2001, se descartó la regla que obligaba a vivir cerca del emplazamiento del generador, de hecho, ya no hay regulación con respecto a la propiedad de las instalaciones, cualquiera –incluso inversores extranjeros- puede comprar generadores de energía eólica (ESCANDA, 2010).

No obstante, las primeras reglas coadyuvaron a impulsar inversiones “locales” en toda la rama energética, pero particularmente en la parte más descentralizada del sector como: la energía eólica, los sistemas de energía para aldeas y/o barrios (p.e. suministro de agua caliente, etc.), las cooperativas de viviendas, el biogás, la energía solar térmica y fotovoltaica.

En 1990 existían 3,000 cooperativas que gestionaban parques eólicos. En 2002, el 84% de la capacidad total de energía eólica (2,900 MW) y que proporcionaba el 15% del consumo total de energía del país provenía de inversiones realizadas en iniciativas locales, es decir particulares o conjuntos de inversores. De estos 2,465 MW instalados como parte de las iniciativas locales, el 58% pertenecían a particulares (en su mayoría propietarios de un solo generador), el 26% a cooperativas de energía eólica y el 15% a empresas del sector energético (SCHAEFER, 2010).

Hasta 1995, la mayoría de los generadores fueron construidos por agricultores y cooperativas de energía eólica. Al principio se organizaban como accionistas en compañías con una responsabilidad limitada, pero la legislación en materia de impuestos dificultó dicha organización y actualmente la mayoría se organiza como si fueran “socios” de dichas cooperativas. Cada socio tiene responsabilidad completa, aunque el riesgo fue minimizado por la prohibición de endeudar a los grupos de asociados (ESCANDA, 2010).

Es difícil encontrar estadísticas sobre las fuentes financieras, la mayoría de los generadores se financiaron con créditos bancarios y algunos proyectos con hipotecas. En general, una parte importante de los socios de las cooperativas de energía eólica adquirieron su parte con dinero al contado y sólo 10% a través de contratar un crédito con la banca (ESCANDA, 2010).

A continuación se relatan algunos ejemplos de organización social en el ámbito de las ER:

- La isla Samsø es autosuficiente en materia de electricidad desde 1997. Aproximadamente, 4,000 habitantes y el Ayuntamiento son propietarios de turbinas eólicas. Se han instalado 11 aerogeneradores de 1 MW y 10 marinos de 2,3 MW, además, varias cooperativas vecinales gestionan centrales térmicas para calefacción. La energía de la planta de Brundby proviene de la quema de paja de los granjeros locales que aprovechan las cenizas como abono. La planta de Nordby-Maarup funciona con placas solares y con la quema de la corteza de árboles (FERNÁNDEZ, 2010).
- En el parque eólico marino de Middelgrunden ubicado frente a las costas de Copenhague, participan más de 8,552 accionistas y consta de 20 aerogeneradores que producen 40 MW (50% pertenecen a la cooperativa local y el resto a la empresa energética). En 1996, la zona se declaró apta para el desarrollo eólico, la Oficina Municipal de Energía y Medio Ambiente de Copenhague creó un grupo de trabajo formado por ciudadanos interesados en el proyecto y los incorporó a la empresa de servicios municipales “Copenhaguen Energy”. Se iniciaron los debates públicos, al cabo de cuatro años de participación comunitaria intensiva y renegociaciones a todos los niveles se construyó el parque eólico en el año 2000 (SCHAEFER, 2010). Es el mayor parque eólico del mundo basado en propiedad dual. La cooperativa ofreció 40,500 acciones, cada una representaba una producción de

1,000 kWh/año con un costo individual de €568, los compradores fueron vecinos de la zona, pero también participaron compañías, sindicatos, organizaciones no-gubernamentales e instituciones. Al principio sólo la gente empadronada en esa zona podía comprar acciones, pero en 1999 apareció una nueva regulación por la que todos los daneses podían participar y, en el año 2000, se eliminaron las restricciones a la propiedad. En el año 2000 se concluyó la venta del 100% de las participaciones, todas se pagaron con anticipación con el fin de constituir la cooperativa mediante un crédito especial a los accionistas potenciales. Se consultó con las principales cajas y bancos, compañías de crédito, fabricantes de generadores, pero ninguno proporcionó una oferta de financiación<sup>148</sup>; al final se acudió a bancos especializados y solamente el “Ringkjøbing Bank” y el “Faelleskassen Bank” ofrecieron créditos con un interés variable entre 7.40-7.45%, amortización de 10-15 años, un aval bancario de €40.2 por acción y no pidieron otra garantía más que el mismo proyecto. Se garantizó la compra de la energía, el precio de los certificados verdes durante los primeros 6 años y la exención de impuestos sobre las ganancias si se compraban al menos 5 acciones o el 40% libre de impuestos si se compraban más (ESCANDA, 2010).

- “Folkecenter for Renewable Energy” es una organización independiente, no gubernamental, creada en 1983 por iniciativa de activistas de ER miembros de la comunidad local y de las autoridades gubernamentales. Su objetivo es demostrar, probar y desarrollar tecnologías renovables que serán fabricadas en pequeña y media escala. Organiza grupos de estudio y de trabajo dirigidos al público local, nacional y extranjero. Entre 10 y 15 voluntarios viven en Folkecenter en periodos de 3 a 9 meses y obtienen ayuda para desarrollar proyectos innovadores de ER. Hay proyectos de diseño e innovación en energía eólica en pequeña escala, construcción de generadores avanzados, diseño de granjas de biogás, disipación natural de CO<sub>2</sub> con hidrógeno y aceite vegetal, integración de células solares en edificios, agricultura ecológica y pruebas con energía proveniente de las olas del mar. El Folkecenter ha construido sistemas en Rumania, Polonia, Brasil, Rusia e islas Comodoro. Su financiación principal procede del gobierno (€1-3 millones) y otra parte del fondo ELFOR (Danish Power Distribution, que es una organización de las empresas de la red distribuidora de energía en Dinamarca) (ESCANDA, 2010).

---

<sup>148</sup> Algunas de las razones dadas por los bancos para no participar eran que no estaba dentro de sus áreas de trabajo normales, mientras que otros bancos sencillamente no tenían la capacidad de manejo de créditos individuales para tantos particulares. Los fabricantes de generadores sólo aceptaron participar si al final se terminaba comprando sus productos.

#### 6.2.2.4. España

El Instituto de Crédito Oficial (ICO) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), financian el 80% del costo de referencia de un proyecto de ER. Los costos se pueden incrementar hasta un 50% si se trata de una innovación y hasta un 20% más si se considera de demostración o iniciativa local (FERNÁNDEZ, 2010; ESCANDA, 2010).

Las subvenciones de las tecnologías solar-térmica, fotovoltaica de concentración y eólica-fotovoltaica pueden ser de 10, 15, 20 o 30 por ciento del costo de referencia, el resto de proyectos solamente reciben del 10 al 20 por ciento. El IDAE mediante un contrato con el usuario realiza la inversión del proyecto y cede el uso de las instalaciones a cambio de recuperar la inversión (ESCANDA, 2010).

Asimismo, existe una deducción de 10% de los impuestos en instalaciones que protegen el medio ambiente y se han desarrollado líneas de financiación de proyectos de desarrollo rural. En Asturias, por ejemplo, los proyectos del PRODER II-Montaña Central financian hasta 60% de los gastos totales de proyectos que contribuyen a la creación de empleo en el medio rural, en este fondo caben las solicitudes de co-financiación de proyectos y actividades relacionadas con el uso local y rural de las ER (ESCANDA, 2010).

Este marco ha permitido la cristalización de importantes proyectos locales (FERNÁNDEZ, 2010):

- Vecinos del Concejo Asturiano de Lena se agruparon en una cooperativa capaz de generar electricidad a partir de la energía eólica, hidráulica, biomasa y solar. Los socios se encuentran trabajando en un estudio de viabilidad que señale los lugares adecuados, la contratación de la financiación y la gestión de ayudas gubernamentales. También han organizado talleres donde aprenden a construir sus propios equipos eólicos con materiales disponibles en la región.
- En Salamanca, la cooperativa Porsiete emplea a trabajadores con discapacidad intelectual para la recogida del aceite vegetal usado en domicilios y hostelería que luego se entregan a una empresa que lo transforma en biodiesel.
- La Universidad de Granada entrega el aceite usado a las asociaciones Madre Coraje y Avalón, quienes lo utilizan en ayudar a personas desfavorecidas y a enfermos de sida. En Alhama, Granada, el aceite se recoge con el fin de dar trabajo a personas en riesgo de exclusión.
- Ecotecnia es una sociedad cooperativa de ER, principalmente de energía eólica.
- La Cooperativa Eléctrica de Crevillente tiene como principal meta la generación de electricidad a partir de ER en la Comunidad Valenciana.
- El Tejar es una cooperativa dedicada a la generación de energía mediante el aprovechamiento de aceites naturales o de desecho.

- La S.C. URKIA es una pequeña cooperativa conocida popularmente como Granja Escuela (Lapurreketa), pretende centrar su trabajo en el ámbito del desarrollo rural y la producción energética.

#### **6.2.2.5. Estados Unidos**

En este país también existen algunas asociaciones de ciudadanos interesados en los proyectos de ER (FERNÁNDEZ, 2010):

- Varias comunidades de California se unieron para comprar paneles fotovoltaicos y ahorrar dinero.
- En Washington los vecinos del barrio de Mt. Pleasant crearon una cooperativa (Pleasant Solar) con el fin de instalar en sus tejados paneles fotovoltaicos.
- En 2009, se crearon las cooperativas Tefosol y Azimut dedicadas a la energía solar fotovoltaica.
- En Dakota del Norte, la cooperativa Basin Electric creada en 2010 promueve el proyecto de energía eólica más grande cooperativo rural de consumidores. Produce 115 MW eólicos para más de 130 sistemas rurales de nueve estados participantes y provee electricidad indirecta a 2.8 millones de personas.

#### **6.2.2.6. Nicaragua**

En Totogalpa, un municipio limítrofe con Honduras, un grupo de 19 mujeres y un hombre crearon en 2003 una cooperativa para sustituir las cocinas alimentadas con leña y combustibles fósiles por otras basadas principalmente en energía solar. El colectivo denominado “Mujeres Solares de Totogalpa” elabora sus propias cocinas solares con materiales locales y generan empleo a la vez que se reduce la deforestación y las enfermedades respiratorias (FERNÁNDEZ, 2010).

#### **6.2.2.7. Reino Unido**

Pueden señalarse al menos dos experiencias (ESCANDA, 2010):

- El Centre for Alternative Technology (CAT) es una organización dirigida a dar soluciones a problemas medioambientales teniendo como áreas clave de trabajo las ER, construcción ecológica, eficiencia energética, cultivo ecológico y sistemas de residuos alternativos. Es una cooperativa en la que todos pueden tomar parte en la planificación y en la gestión, además tiene una estructura no-convencional según la cual se paga a todos lo mismo sin importar la posición que ocupen. El CAT contrata a unas 120 personas, la mayor parte de ellas con cualidades especiales, los puestos se anuncian localmente y nunca se reemplaza a nadie por trabajadores baratos. Aunque es un espacio residencial, un porcentaje de los cooperativistas viven en una ciudad cercana, lo que contribuye a reforzar las relaciones del Centro con la comunidad local. Durante todo el año se da cabida a voluntarios por

periodos no mayores a 6 meses.

- El proyecto Bro Dyfi construyó la primera turbina eólica colectiva en Gales. La idea surgió en 1999 impulsada por el pueblo de Pantperthog y el CAT, tras una serie de reuniones públicas en las zonas colindantes, en el año 2000 se constituyó formalmente la Dulas Valley Community Wind Partnership, con lo que se abrió una cuenta bancaria para gestionar la financiación del proyecto y seguir con el proceso de planificación. El Fondo de Desarrollo Regional Europeo otorgó al proyecto una subvención del 50% del costo total, en 2001 la organización se convirtió en sociedad limitada (lo que le permitía ingresar y redistribuir los beneficios), adquiriendo el nombre de Bro Dyfi Community Renewables Ltd. El proyecto se conectó a la red eléctrica en 2003 y cuenta con 59 participantes, incluyendo la cooperativa Baywind Energy y el Fondo de Ahorro Energético, el resto son particulares. El paquete mínimo de participación fue de €148 y el máximo de €1,480, once de los accionistas consiguieron sus acciones trabajando en el proyecto durante las etapas de planificación y construcción. El costo total fue de €116,680.

Se puede apreciar en los párrafos anteriores la carencia de condiciones económicas y políticas favorables al desarrollo de proyectos en manos de la comunidad, pero aún así fueron impulsados gracias a la motivación y conciencia de integrantes de la sociedad civil. Sin embargo, el éxito de estas iniciativas depende de la elaboración y puesta en práctica de reglas adecuadas que canalicen las inquietudes de la población y garanticen la viabilidad de este tipo de proyectos, pues de lo contrario, el potencial transformador puede convertirse en una fuerza que amenace la estabilidad social.

### **6.3 El financiamiento como factor limitante**

Diversos estudios internacionales coinciden en señalar al financiamiento como una de las principales barreras a las ER debido a las causas siguientes (CTF, 2009):

- a) el alto costo de la inversión inicial;
- b) la falta de incentivos;
- c) las prácticas de préstamo bancario y la falta de desarrollo de productos crediticios adecuados;
- d) la carencia de conocimiento y experiencia de las instituciones financieras para estructurar ofertas de créditos pertinentes, lo cual implica elevados costos de transacción y de tasas de interés que desalienta proyectos –incluso- rentables.

Efectivamente, en capítulos anteriores se apuntó la sensibilidad de los proyectos eólicos frente al incremento de las tasas de interés y la fuerte inversión inicial. También se hizo hincapié en la rentabilidad y deseabilidad ambiental de las inversiones en plantas eoloelectricas frente a proyectos que derivan de las fuentes

fósiles y, se subrayó, el interés de las poblaciones del Corredor del Istmo de Tehuantepec en participar como productores de energía eléctrica aprovechando los recursos eólicos de su región. En este contexto, se deben realizar algunas precisiones.

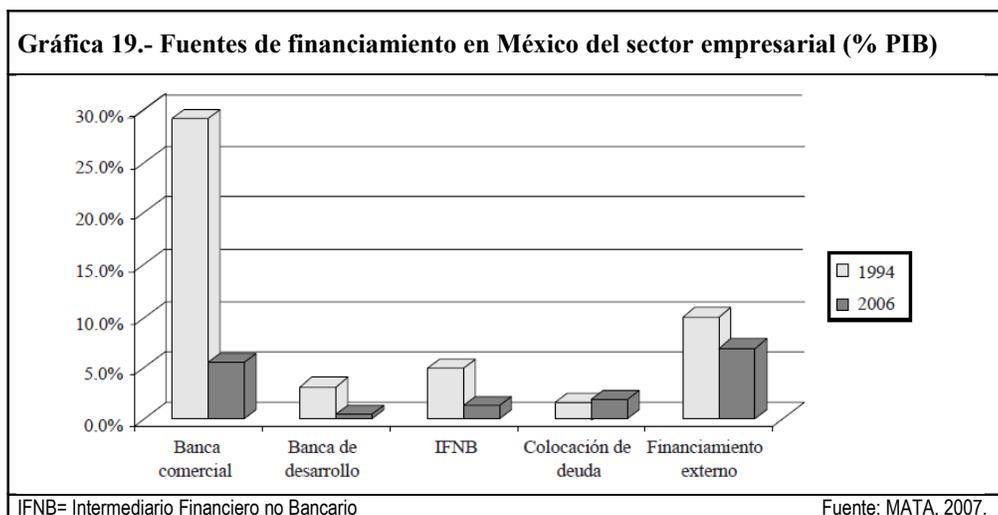
A nivel internacional, los instrumentos de financiamiento comerciales más usados en los proyectos de fuentes renovables son los siguientes (RODRÍGUEZ, 2005:53 y ss.):

- *Bonos de Alto Rendimiento*. Tienen una calificación inferior a las inversiones en bonos corporativos, del tesoro y municipales debido al riesgo de incumplimiento, por lo que pagan un rendimiento más alto.
- *Titulización*. Es el proceso por el cual un bien o conjunto de bienes se transforma en un valor transferible y potencialmente negociable en un mercado organizado. De esta manera, activos no líquidos se convierten en otros que pueden generar liquidez inmediata. Los activos titulizables son créditos hipotecarios, contratos de arrendamiento con promesa de compra, créditos y derechos sobre flujos de pagos emanados del uso de obras públicas, derechos emanados de concesiones de infraestructuras, entre otros.
- *Mezzanine*. Es un capital que se entrega a la empresa donde el prestamista adquiere el derecho de propiedad sobre la empresa si el préstamo no es reembolsado en tiempo y en su totalidad. Se presta con poca o ninguna garantía, por esta razón el interés es de 20-30%; por lo general, una compañía debe demostrar un historial en la industria con una reputación y producto establecidos, una historia de rentabilidad y un plan de expansión viable del negocio.
- *Leasing* (arrendamiento financiero). Es un contrato de arrendamiento de bienes muebles o inmuebles donde el arrendador (sociedad de Leasing) adquiere un bien y cede su uso a un tercero (arrendatario o usuario) durante un plazo determinado contractualmente que normalmente coincide con la vida útil del bien. El arrendatario está obligado a pagar una cantidad periódica constante o ascendente, suficiente para amortizar el valor de adquisición del bien y los gastos aplicables. El Leasing es una opción para las empresas que no cuentan con el capital de inversión necesario en la adquisición de un activo fijo que represente una fuerte inversión de dinero; estas empresas lo utilizan como un mecanismo financiero alternativo e innovador frente a un crédito bancario, ya que disponen del inmobiliario sin necesidad de comprarlo. Se puede financiar el 100% de la inversión y se mantiene libre la capacidad de endeudamiento del cliente, permite conservar las condiciones de venta al contado, la cuota de amortización es un gasto tributario, por lo cual el valor total del equipo se rebaja como gasto –excepto la cantidad de la opción de compra-, en un plazo que puede ser menor al de la depreciación acelerada. La empresa obtiene importantes ahorros tributarios y

permite el mantenimiento de la propiedad de la empresa. En caso contrario (sin leasing), si en una actividad comercial se requiere una fuente de inversión para nuevos equipos, es frecuente que se haga la financiación del proyecto con aumentos de capital o emisión de acciones de pago, lo que implica en muchos casos dividir la propiedad de la empresa entre nuevos socios reduciéndose el nivel de control sobre la compañía.

El alto grado de especialización de estos instrumentos y, por ende, su limitado acceso, fue subrayado por una encuesta aplicada en Europa, América Latina, África y Asia-Pacífico. Los datos señalaron que solamente las agencias multilaterales y las entidades de financiación internacional conocían todos los instrumentos, mientras el grado de desconocimiento o falta de experiencia en estas fórmulas era especialmente relevante en el caso de la comunidad académica y del sector privado. Por zonas geográficas, los cuestionarios recibidos desde Europa eran los que menos conocimiento mostraban; por el contrario, los encuestados de África y la región Asia-Pacífico eran los que más experiencia demostraron en casi todos los instrumentos de financiación planteados (RODRÍGUEZ, 2005:54).

En esta misma línea, en México el acceso al financiamiento internacional y a los mercados de deuda es privativo de la gran empresa y de los nuevos negocios integrados a procesos de producción globalizados, mientras las empresas medianas y pequeñas vinculadas al mercado interno se encuentran –en gran medida– marginadas del financiamiento formal (MATA, 2007).



Las razones son varias, por ejemplo la falta de control sobre las tasas de interés, las comisiones por servicio bancario, el margen de intermediación financiera, el destino de los créditos, la especulación financiera, etc. Esto se suma a la extranjerización de los intermediarios, lo cual se ha reflejado en un cambio en la estructura del financiamiento de la empresa mexicana no financiera y la casi extinción de la banca de desarrollo (Gráfica 19), cuya tarea es asegurar el acceso al financiamiento de todos los agentes económicos que permanecen al

margen de él.

Hasta 1994, el 80% del financiamiento era interno y provenía de la banca local, comercial y de desarrollo. La modificación de esta proporción se observa claramente en 2006, cuando el financiamiento interno fue de 44% y el externo de 56%, mostrando crecimientos importantes en el crédito externo (directo y titulado), la colocación de deuda en los mercados internos y el crédito otorgado por los intermediarios no bancarios (MATA, 2007).

Asimismo, a partir de 1995 la banca comercial experimenta una caída casi vertical pasando de 28% del PIB a sólo 4.3% en 2003 y 5.5% en 2007, lo cual significó un golpe al aparato productivo. En 1994, casi tres cuartas partes del crédito disponible de la banca estaban asignadas al sector productivo (sectores primario, industrial y de servicios) y solamente el 25% se dirigía al consumo y la vivienda. En 2006, las actividades productivas recibieron 44%, en tanto que el consumo y la vivienda utilizaron 56% (MATA, 2007).

Actualmente, el renglón de mayor dinamismo es la canalización de crédito al gobierno y entidades gubernamentales –incluye los órdenes federal, estatal y municipal- que pasó de \$215,770 mdp en septiembre de 2009 a \$298,074 mdp en 2010, con un crecimiento de 38%, mientras el financiamiento de las actividades productivas creció tan sólo a una tasa de 8%, la cartera de crédito vigente a empresas pasó de 866,001 mdp a 934,904 mdp (GONZÁLEZ, 2010: 26).<sup>149</sup>

El rescate bancario<sup>150</sup> y la política de sustitución de deuda externa por interna han incentivado la redirección del crédito hacia el sector gubernamental volviéndolo sumamente rentable, ya que ofrece tasas de interés mayores en comparación a las pagadas por las economías desarrolladas. Entre junio de 2009 y diciembre de 2010 la inversión extranjera en bonos públicos de la deuda interna subió de 260,385 millones de pesos a 642,414 millones, 147% más (GONZÁLEZ, 2011: 27).

Adicionalmente, ha habido una fuerte canalización de fondos externos e internos a la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), fundamentalmente de carácter especulativo, generando el crecimiento desmedido de los precios de las acciones y de los rendimientos, sin que ello haya significado el financiamiento de proyectos productivos nuevos. Aunque el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la BMV logró un crecimiento exponencial entre 2003-2007, pasando de 6 mil puntos a más de 30 mil, el número de empresas que cotizan en la Bolsa se redujo drásticamente, así como las nuevas emisiones (NUÑEZ, 2009).

Existe pues, una distorsión del sistema crediticio que atenta contra el aparato productivo nacional y cualquier iniciativa social, pues carece de los controles necesarios para direccionar los recursos hacia actividades que beneficien el desarrollo del país, cuestión que se deberá corregir si se aspira a mejorar el nivel de vida de la

<sup>149</sup> En 2010 el mejor negocio para la banca comercial fueron los créditos al consumo, cuyos intereses ascendieron a 107 mil 905 mdp, representando una tercera parte del total de los ingresos por este concepto. Le sigue el segmento empresas que pagaron 74 mil 369 mdp, siendo 4.6% menor que en 2009 (77 mil 954 millones). El gobierno y entidades gubernamentales generaron 18 mil 363 mdp, 34.5% mayor que en 2009 (13 mil 655 millones). La vivienda generó 37 mil 161 mdp, 15.5% más que en 2009 (32 mil 166 millones) (CARDOSO, 2011:31).

<sup>150</sup> La mayor parte de la cartera en problemas fue canjeada por activos a cargo del gobierno a tasas de interés competitivas.

población en su conjunto.

## 6.4 Los Fondos de energía

Los Fondos de energía canalizan recursos hacia determinadas actividades económicas prioritarias. Se conforman a partir de partidas presupuestales o fiscales y, generalmente, son operados por el gobierno federal a través de la banca de segundo piso.

Los países exitosos en el ámbito de las energías renovables han creado Fondos dirigidos a incentivar la producción energética y de tecnología, la localización y cuantificación de recursos, la I&D, etc. Las formas más comunes de encausar estos recursos son a través de (DE BUEN, 2010; ENTE, 2009b):

1. *Incentivos de producción*. La electricidad entregada a la red es pagada al productor a un precio fijo durante un periodo de tiempo especificado.
2. *Devoluciones “rebates”*. Son sumas únicas que cubren una parte del costo de capital del proyecto y se entregan al dueño cuando se pone en operación la instalación.
3. *Préstamos con intereses reducidos y mayores plazos de amortización*. Se ofrecen préstamos con tasas menores y a plazos más largos de lo que ofrece la banca comercial.
4. *Inversiones de capital de riesgo*. Se adquieren acciones de la empresa en cuestión y, por tanto, el Fondo realiza inyección de efectivo al proyecto.
5. *Subvenciones concursadas*. Se otorgan a propuestas de mayor rentabilidad social a partir de recursos a fondo perdido (desarrollo de dispositivos, campañas de información, programas de capacitación).
6. *Subvenciones para el desarrollo de capacidades y evaluación de recursos*. Se entregan sin la mediación de un concurso y se aplican a programas de capacitación, certificación de instalaciones y acciones de evaluación de recursos (potencial de ahorro con un emplazamiento dado según sus características).

La existencia de fondos de beneficio público no elimina de ninguna manera la necesidad de otros instrumentos de política pública, ya que éstos funcionan en sintonía con otras medidas y/o instrumentos, tales como las regulaciones técnicas, normas de calidad y operación, subvenciones especiales, interconexión a la red eléctrica, adquisición de la energía producida, precios especiales en la distribución, ayudas fiscales, etc.

En 2008, en México se aprobó la constitución del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, con el propósito de otorgar garantías de crédito y otros apoyos financieros a los proyectos de ER, con una asignación presupuestal de 3,000 mdp anuales en el periodo 2009-2011. Asimismo, se cuenta con un programa de electrificación rural a cargo de CFE, con recursos del GEF, el BM

y los gobiernos estatales y municipales (60 mdd) (tema tratado en capítulos anteriores).

No obstante, la concepción inicial se encuentra anclada a la idea de promover la instauración de nuevos proyectos en manos de la iniciativa privada, pero de ninguna manera se considera la gestión colectiva (la población organizada). Si nos centramos en las experiencias de otros países, tampoco existió inicialmente un trato especial a la producción de este tipo, pero la organización y la presión social permitieron construir espacios de participación modificando el marco institucional nacional y las prácticas dominantes.

Los proyectos de participación comunitaria en ER son fruto de nuevas interrelaciones entre la sociedad civil, las empresas energéticas y los gobiernos, por ello, requieren de mecanismos de gestión innovadores como el FASDER.

## **6.5 EI FASDER**

Las comunidades del Istmo se han pronunciado en favor de la realización de proyectos eoloeléctricos colectivos, pero no cuentan con los recursos necesarios para cubrir la inversión inicial y en caso de acceder a un préstamo bancario enfrentarían altas tasas de interés como resultado del actual marco de acción de las instituciones financieras en el país (este punto se analiza más adelante).

Un estudio del Banco Mundial realizado en 1994, reveló que el 75% del crédito era concentrado por las grandes empresas y solamente un 15% se destinaba a los microempresarios rurales, debido a la reducida oferta de servicios financieros y baja demanda del servicio (FAO, 1999 *cit. por* AYALA, 2003: 392). Asimismo, debe añadirse el alto costo de los créditos y la incapacidad de los pequeños productores para cubrir los requisitos que imponen los bancos en materia de garantías reales.

Por esta razón, se propone la creación del FASDER con el objetivo de enfrentar este desafío, aprovechar las semillas de asociación existentes en el Istmo y en otras partes de México<sup>151</sup>, e introducir nuevos modelos de creación de colectivos que aumenten la densidad del poder social.

### **6.5.1 El costo del capital**

En condiciones normales, la materialización de inversiones de esta magnitud requiere habitualmente de un préstamo bancario, al cual los grupos menos favorecidos difícilmente pueden acceder, como ya se señaló.

En la Tabla 41 se analizan las condiciones generadas por un préstamo bancario dedicado a comprar un aerogenerador de 3 MW, usando el modelo de análisis del sistema francés y suponiendo que una pequeña colectividad organizada tenga acceso.

---

<sup>151</sup> Se puede obtener mayor información sobre proyectos de construcción ciudadana y comunidad en México en Adolfo Orive (Coord.) (2010). Poder popular, Fundación México Social Siglo XXI, A.C., México: 517. Ahí se relatan los casos de Chiapas, Sonora, Nayarit, Guerrero y Coahuila.

La comunidad promotora contrataría un préstamo de 3 millones 564 mil dólares con una tasa de interés de 5% a 10 años, el 1% de comisión por apertura, el 0.5% por comisión de gestión, otros gastos bancarios 7.12 mil dólares, gastos adicionales por 1.78 mil dólares y el pago a fin de año de una anualidad.

<b>Tabla 41.-Análisis de préstamo (Sistema Francés)</b>			
<i>Datos del préstamo (miles US\$)</i>		<i>Resultados</i>	
Capital inicial	\$ 3,564		
Tipo de interés nominal	5.00%	Término amortizativo	-\$462
Número de pagos anuales	1	Total de intereses devengados	-\$1,052
Duración en años	10	Capital final	\$5,806
Comisión de apertura	1.00%	Importe comisión de apertura	\$36
Comisión de gestión	0.50%	Importe comisión de gestión	\$18
Otros gastos bancarios	\$ 7.12	Líquido disponible	\$3,502
Gastos adicionales	\$ 1.78	T.A.E. (B.O.E.)	5.35%
Prepagable(1) o pospagable(0)	0	T.A.E. real*	5.37%

\*Tasa anual equivalente comúnmente usada en Europa. Es el interés efectivo que se paga en el préstamo.  
Fuente: Elaboración propia.

Entonces se obtiene un pago anual de 462 mil dólares (término amortizativo), que aparece con signo negativo al ser un egreso de la comunidad promotora (Tabla 42). El total de intereses devengados ascendería a 1 millón 52 mil dólares que ingresan a las arcas del banco en un período de 10 años. El importe por comisión de apertura sería de 36 mil dólares, el importe por gestión de 18 mil dólares, el líquido disponible 3 millones 502 mil dólares, dando un capital final de 5 millones 806 mil dólares.

<b>Tabla 42.-Análisis de sensibilidad del término amortizativo (miles US\$)</b>				
<i>Tasa de interés</i>	<i>Plazo</i>			
	5 años	10 años	15 años	20 años
-\$461,303				
3.50%	-789	-429	-309	-251
4.00%	-801	-439	-321	-262
4.50%	-812	-450	-332	-274
5.00%	-823	-462	-343	-286
5.50%	-835	-473	-355	-298
6.00%	-846	-484	-367	-311
6.50%	-858	-496	-379	-323
7.00%	-869	-507	-391	-336
7.50%	-881	-519	-404	-650
8.00%	-893	-531	-416	-363
8.50%	-905	-543	-429	-377

Fuente: Elaboración propia.

En estas condiciones, el flujo de efectivo de un sistema eoloelectrónico de 3 MW nominales sería de 542 mil 200 dólares anuales (Tabla 45), se descuenta el pago del término amortizativo 462 mil dólares y queda un remanente de 80 mil dólares el primer año (Tabla 41 y Tabla 45).

La Tabla 42 y Tabla 43 muestran los resultados del análisis de sensibilidad del término amortizativo (pago

anual) y los intereses devengados por el prestamista, con diferentes plazos y tasas de interés. A menor plazo el término amortizativo se incrementará de tal manera que no alcanza el flujo de efectivo para pagarlo. Por ejemplo, si la tasa de interés se incrementa a 8.50% con un plazo a 10 años, manteniendo las variables iguales al primer escenario presentado, el término amortizativo o pago anual del préstamo aumentará a 543 mil dólares, por lo que el proyecto se vuelve inviable y pierde mil dólares anuales. Los intereses pagados al banco durante 10 años a esta tasa se incrementan a 1 millón 868 mil dólares.

<i>Tasa de interés</i>	<i>Plazo</i>			
	5 años	10 años	15 años	20 años
-\$1,052				
3.50%	-383	-721	-1,078	-1,451
4.00%	-439	-830	-1,244	-1,681
4.50%	-495	-940	-1,414	-1,916
5.00%	-552	-1,052	-1,587	-1,156
5.50%	-629	-1,164	-1,762	-2,401
6.00%	-666	-1,278	-1,941	-2,651
6.50%	-724	-1,394	-2,122	-2,905
7.00%	-782	-1,510	-2,306	-3,165
7.50%	-841	-1,068	-2,493	-3,428
8.00%	-899	-1,748	-2,682	-3,696
8.50%	-958	-1,868	-2,874	-3,969

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad permite evaluar varias combinaciones de plazos y tasas de interés con el objetivo de elegir la más adecuada, determinando si conviene al inversionista la disminución de la utilidad a consecuencia de la elevación del monto total de los intereses devengados por el banco. Como se observa en las tablas antes mencionadas, cuando se recurre a un préstamo bancario quien más gana dinero es el banquero. Simplemente, en el mercado mexicano el banquero paga a sus ahorradores tasas del 3%, pero cuando presta cobra a tasas del 36 al 70% (BBV, 2009)<sup>152</sup>, por lo que cualquier proyecto encabezado por la sociedad deberá estar basado en otras alternativas de financiamiento.

Si el FASDER actuara como banco al financiar proyectos eólicos y aplicara una tasa de interés razonable podría incrementar su capital y, al mismo tiempo, beneficiaría a la comunidad propietaria del aerogenerador, pues seguiría siendo la dueña de la tierra y tendría un flujo de capital de 80 mil dólares al año (si la tasa de interés es de 5%), con esto la comunidad tendría la capacidad de realizar otros proyectos sociales (hospitales, escuelas, servicios básicos u otros proyectos productivos). En esta lógica, el primer año se podría beneficiar 47 comunidades con la aportación de un centavo de peso por cada kWh consumido por todos los usuarios de electricidad.

<sup>152</sup> De acuerdo con el Banco de México en los valores gubernamentales vía casas de corretaje, la tasa ponderada de rendimiento es de 7.28-8.85 en los bonos vigentes de 7 a 30 años y en los bonos vencidos la tasa promedio va de 7.70 a 13.24 (BANCO DE MÉXICO, 2011).

Como dijo Gandhi: “En la tierra hay suficiente para satisfacer las necesidades de todos, pero no tanto como para satisfacer la avaricia de algunos” (<http://buscabiografias.com/fraseavaricia.htm>).

### 6.5.2 Fuente de ingresos

Como se señaló anteriormente, un elemento clave y sensible en este tipo de proyectos es el costo del capital, o sea, la tasa de interés y, normalmente las comunidades no tienen acceso al financiamiento convencional y no son sujetos de crédito, la creación de un Fondo social podría resolver ambos aspectos.

Su objetivo será proveer recursos económicos para emprender proyectos basados no solamente en la energía eólica, sino también en el resto de las ER. En virtud de ello, se puede conformar con recursos gubernamentales obtenidos por impuestos fiscales o por contratación de deuda pública ante instituciones financieras.

En este trabajo, la propuesta principal de obtención de recursos provendría de todos los usuarios de la electricidad, cuyo aporte ascendería a un centavo por cada kWh consumido durante un año, es decir, US\$168,796,472 anuales, cantidad sensiblemente menor al costo en daños a la salud como resultado de las emisiones de GEI de la producción eléctrica en 2007 (US\$478,528,700).

<b>Tabla 44.-Esquema de aportación anual al FASDER de \$0.01Mx por kWh<sup>c</sup></b>					
<b>Sector</b>	<b>No.Clientes</b>	<b>kWh/año consumidos</b>	<b>Pago por sector \$MX<sup>A</sup></b>	<b>Pago promedio por cliente</b>	
				<b>\$MX<sup>A</sup></b>	<b>\$USD<sup>B</sup></b>
Doméstico	23,431,940	61,549,740,000	\$ 615,497,400	\$ 26.27	\$ 2.19
Agrícola	114,380	11,916,585,000	\$ 119,165,850	\$ 1,041.84	\$ 86.82
Industrial	210,140	135,247,455,000	\$ 1,352,474,550	\$ 6,436.06	\$ 536.34
Comercial	2,675,960	14,670,126,000	\$ 146,701,260	\$ 54.82	\$ 4.57
Servicios	164,920	7,867,260,000	\$ 78,672,600	\$ 477.03	\$ 39.75
<b>Total</b>	<b>26,597,340</b>	<b>231,251,166,000</b>	<b>\$ 2,312,511,660</b>	<b>\$ 8,036</b>	<b>\$ 670</b>
<b>\$Mx/\$USD</b>	<b>13.70</b>	<b>Total \$USD</b>	<b>\$ 168,796,472</b>	<b>Total mes \$USD</b>	<b>\$ 14,066,373</b>

<sup>A</sup> Pesos mexicanos <sup>B</sup> Dólares EUA <sup>C</sup> kiloWatt hora Fuente: Elaboración propia con datos de CFE, 2008.

La Tabla 44 desglosa por sector los recursos que el FASDER podría recibir si cada cliente consumidor de electricidad aportara de manera solidaria un centavo por kWh anual consumido. Cabe advertir que si todos los clientes consumieran el mismo promedio mensual, la aportación de un centavo por kWh sería ridícula, el cliente doméstico aportaría \$26.27 pesos anuales, el comercial \$54.82, el industrial \$6436.06, el agrícola \$1041.84 y el de servicios \$477.03 pesos. Sin embargo, imponiendo los principios de “solidaridad”<sup>153</sup>, “igualdad”<sup>154</sup> y “quien contamina paga”<sup>155</sup>, habrá quienes paguen cantidades risibles y otros montos de más importancia.

<sup>153</sup> Exige la internalización de los daños externos ocasionados por los sujetos contaminantes (HERRERA, 2000: 166).

<sup>154</sup> Exige una equivalencia por los daños causados y la carga fiscal que deba soportar el contribuyente (Ídem.).

<sup>155</sup> Exige que los costos de la contaminación recaigan sobre el sujeto responsable. Se pretende hacer soportar al causante de los mismos la cuantía proporcional al daño que provoca a través de un gravamen que recaiga sobre los productos que utilice o elabore, o directamente sobre las emisiones perjudiciales que origine (VAQUERA, 1999: 163).

La cantidad colectada al final del primer año hace totalmente viable hacer proyectos con ER sin pedir dinero prestado. El requisito es organizar a la sociedad, estar dispuestos a contribuir por el bien común, actuar con transparencia y honestidad en todos los órdenes, negociar con las autoridades en turno y dar a la sociedad los resultados que demanda.

Por encargo del Banco Mundial, la World Public Opinion.org realizó una encuesta a 13,518 personas de 15 países<sup>156</sup> entre los que se encontraba México, la cual indica que la mayor parte de las personas consultadas quieren que sus gobiernos adopten medidas de combate al cambio climático.

En la encuesta se preguntaba si estaban dispuestos a pagar precios más altos por la energía y otros bienes como parte de las medidas de combate al cambio climático. Los incrementos en los precios se calcularon entre el 0.5% y el 1% del PIB per capita de cada país, luego se presentaron a los encuestados como montos mensuales específicos en moneda local. La mayoría de los encuestados de cinco países –China (68%), Vietnam (59%), Japón (53%), Irán (51%) y México (51%)–, indicó que aceptaría pagar un 1% más (WORLD PUBLIC OPINION, 2009).<sup>157</sup> Esto significa que existen posibilidades reales de ejecutar un Fondo como el expuesto, si solamente se lograra captar la aportación correspondiente al 51% del total de los kWh/año consumidos por los clientes del sector eléctrico entonces se tendría una cantidad anual aproximada de 86 millones de dólares, lo cual alcanzaría para comprar 24 aerogeneradores en un año.

Adicionalmente, el monto se podría complementar con:

1. Donativos monetarios o en especie de ciudadanos y organizaciones nacionales o internacionales deducibles de impuestos.
2. Donativos en especie de posibles proveedores a cambio de publicidad, asesoría técnica, etc.
3. Las aportaciones estatales y municipales que normalmente fungen como complemento en obras de infraestructura específicas.
4. Los ahorros de CFE obtenidos en combustibles por el uso de ER.
5. Ventas de bonos por emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>. El 20% iría a la comunidad donde se ubique el proyecto, tal como se subrayó en el modelo ERIGEE.
6. Los pagos por contaminación del agua producidos en procesos de generación eléctrica, ya sea por litro o metro cúbico.
7. Trabajo voluntario de organizaciones sociales, académicos, investigadores, estudiantes, ciudadanos, etc.
8. Ventas de energía.

<sup>156</sup> Bangladesh, China, Egipto, EUA, Francia, India, Indonesia, Irán, Japón, Kenya, México, Rusia, Senegal, Turquía y Vietnam.

<sup>157</sup> En 2006, la CONAE encargó a Gallup México una encuesta con 100 de los usuarios más grandes de energía eléctrica en México. Más de la mitad estuvo de acuerdo en pagar 10% adicional por electricidad originada en ER. Esto formó parte las actividades de la Comisión de Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) originada en el seno del TLCAN (DE BUEN, 2006).

### 6.5.3 Planeación de la inversión

La Tabla 45 muestra las posibilidades de inversión que se podrían ejecutar si todos los usuarios del servicio eléctrico aportaran un centavo por kWh:

- a) los ingresos anuales vienen en doce paquetes mensuales de 14 millones 67 mil dólares (Tabla 44);
- b) se debe negociar con los proveedores y colocar pedidos mensuales por 4 aerogeneradores de 3 MW nominales, equivalentes a 1.94 MW de tecnología termoeléctrica con entregas parciales<sup>158</sup>;
- c) se puede pagar de contado el 50% de anticipo saldo contra entrega de los aerogeneradores funcionando;
- d) la división de los ingresos anuales entre el costo de inversión por cada aerogenerador arroja un presupuesto suficiente para adquirir 47 equipos al año o 24 si se capta únicamente el 51% de los recursos;
- e) los aerogeneradores no están en existencia, por lo que el Consejo de Administración tendrá que negociar un calendario de pagos y entregas;
- f) la entrada en operación de los primeros sistemas de generación ingresarán al FASDER un flujo de efectivo de poco más de 542 mil dólares el primer año por la venta de electricidad, dando liquidez al fondo.

La consolidación del FASDER permitirá a la sociedad transitar de sistemas de generación eléctrica depredadores de la naturaleza a otros más amigables con el ambiente y con bajos costos de inversión inicial, ya que bien administrado es autosustentable. Además, su concepción centrada en la distribución de los beneficios a toda la sociedad puede permitirle convertirse en el motor generador de empleos que el país demanda.

México cuenta con los talentos suficientes, pero deben ser llamados a participar en la Asamblea donde colaboren en la gestación del FASDER, fijando la misión, las metas y estrategias que hagan realidad esta propuesta.

---

<sup>158</sup> Una termoeléctrica puede generar 24 horas del día a plena carga, excepto en los paros por mantenimiento; mientras una eololéctrica depende de la continuidad del viento que es impredecible y también su tecnología requiere mantenimiento, por esta razón, un sistema termoeléctrico de 1.94 MW es equivalente a un eólico de 3 MW. No obstante, ambas dependen de la demanda de su producto (no almacenable), la cual es discontinua durante el día, haciendo que los sistemas trabajen a una fracción de sus posibilidades.

<b>Tabla 45.-Datos económico-financieros de un aerogenerador de 3MW=3000kW</b>						
<b>Datos según la potencia del aerogenerador</b>				<b>Resultados del primer año</b>		
Potencia Instalada	1549	3000	kW			
Equivalente a térmica	1000	1937	kW	Potencia kW	1.549	3.000
Inversión	\$ 1840	\$ 3564	miles \$USD		<b>Miles\$USD</b>	<b>Miles \$USD</b>
Costo energía	0.047	0.047	\$USD/kWh	Seguro	-\$4.23	-\$8.20
Energía Generada	5,699,081	11,037,600	kWh	Renta anual	-\$8.15	-\$15.79
Factor de planta	0.42	0.42		OyM	-\$16.10	-\$31.19
Horas anuales	8760	8760	h	Gastos	-\$28.49	-\$55.17
Bono CO2	14	14	\$USD/ton CO <sub>2</sub>	Ventas	\$ 308.62	\$ 597.72
Renta terreno	10.19	10.19	\$USD/m <sup>2</sup>	Flujo efectivo	\$ 280.14	\$ 542.55
Área terreno	800	1,549	m <sup>2</sup>	kW-Kilowatt \$USD-Dólares EUA h-hora ton-tonelada CO <sub>2</sub> - carbono m <sup>2</sup> -metros cuadrados		
Emisión CO <sub>2</sub>	2912	5640	Ton CO <sub>2</sub>	MW-Megawatt Datos: ERIGEE.		

#### 6.5.4 Concepción del Fondo

En este contexto y en compás con las ideas planteadas por los ejidatarios sobre la necesidad de realizar proyectos colectivos que beneficien a la población local, se propone la creación del FASDER, independiente y adicional al planteado por el gobierno en la *Ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. En la Ilustración 9 se esbozan los elementos que son la piedra angular del FASDER.

A pesar de que se hace referencia a los proyectos de propiedad colectiva, la idea central es que el FASDER sea el ejecutor y operador de los proyectos con ER (al menos en principio), pues estará dotado de un cuerpo de expertos en el tema, ya que se está ante proyectos muy especializados que difícilmente pueden ser liderados por el común denominador de la población.

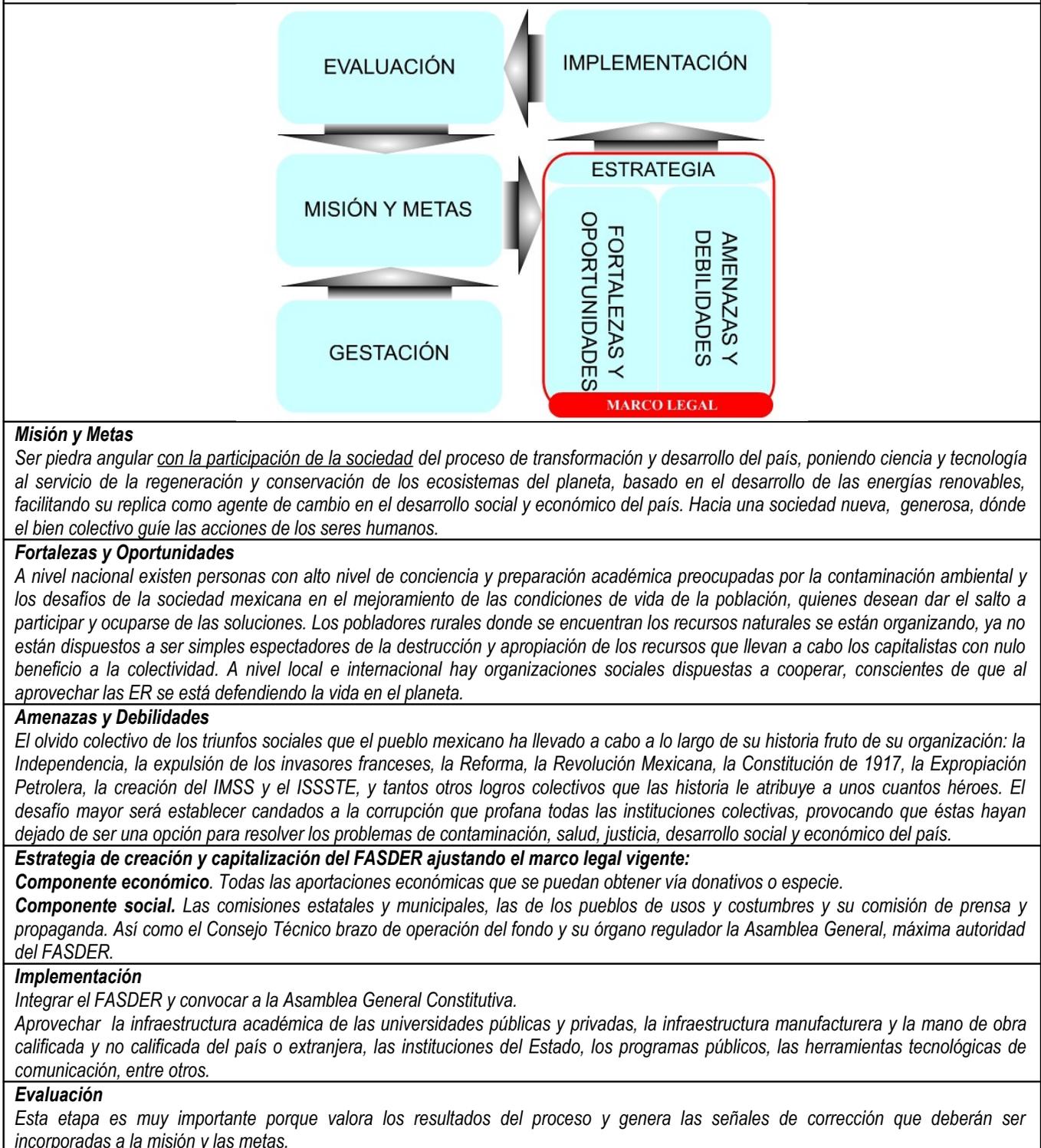
No obstante, la población participaría en los beneficios obtenidos por la venta de bonos de CO<sub>2</sub>, más el flujo de capital de 80 mil dólares al año residuales de los flujos de efectivo por la venta de energía (Tabla 41 y Tabla 45).<sup>159</sup> Estas cantidades se ocuparan en la satisfacción de necesidades colectivas, definidas en el seno de la propia comunidad (agua entubada y drenaje, hospitales, escuelas, proyectos productivos, capacitación, etc.), con el acompañamiento de expertos acreditados por el FASDER, p.e. sociólogos o ingenieros desempleados que cumplirían una labor social y además podrían recibir una remuneración adecuada.

Una opción diferente puede ser el traslado de la propiedad de la planta de ER a la comunidad organizada en una cooperativa u otra forma de asociación legal, una vez que haya sido liquidado el costo de la inversión con una tasa de interés del 5% (estos recursos percibidos por el Fondo se reinvertirán en nuevos proyectos). Igualmente, este proceso deberá ir acompañado del asesoramiento y apoyo del cuerpo técnico del FASDER

<sup>159</sup> La cantidad surge del flujo de efectivo de un sistema eoloelectrico de 3 MW nominales (542 mil 200 dólares anuales), menos el pago del término amortizativo 461 mil 303 dólares, quedando 80 mil 897 dólares el primer año.

dedicado al tema. Las diversas opciones serán definidas por los miembros fundadores del FASER.

**Ilustración 9.- Diagrama y descripción del proceso de germinación del FASDER.**



**Misión y Metas**

*Ser piedra angular con la participación de la sociedad del proceso de transformación y desarrollo del país, poniendo ciencia y tecnología al servicio de la regeneración y conservación de los ecosistemas del planeta, basado en el desarrollo de las energías renovables, facilitando su replica como agente de cambio en el desarrollo social y económico del país. Hacia una sociedad nueva, generosa, donde el bien colectivo guíe las acciones de los seres humanos.*

**Fortalezas y Oportunidades**

*A nivel nacional existen personas con alto nivel de conciencia y preparación académica preocupadas por la contaminación ambiental y los desafíos de la sociedad mexicana en el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, quienes desean dar el salto a participar y ocuparse de las soluciones. Los pobladores rurales donde se encuentran los recursos naturales se están organizando, ya no están dispuestos a ser simples espectadores de la destrucción y apropiación de los recursos que llevan a cabo los capitalistas con nulo beneficio a la colectividad. A nivel local e internacional hay organizaciones sociales dispuestas a cooperar, conscientes de que al aprovechar las ER se está defendiendo la vida en el planeta.*

**Amenazas y Debilidades**

*El olvido colectivo de los triunfos sociales que el pueblo mexicano ha llevado a cabo a lo largo de su historia fruto de su organización: la Independencia, la expulsión de los invasores franceses, la Reforma, la Revolución Mexicana, la Constitución de 1917, la Expropiación Petrolera, la creación del IMSS y el ISSSTE, y tantos otros logros colectivos que las historia le atribuye a unos cuantos héroes. El desafío mayor será establecer candados a la corrupción que profana todas las instituciones colectivas, provocando que éstas hayan dejado de ser una opción para resolver los problemas de contaminación, salud, justicia, desarrollo social y económico del país.*

**Estrategia de creación y capitalización del FASDER ajustando el marco legal vigente:**

**Componente económico.** Todas las aportaciones económicas que se puedan obtener vía donativos o especie.

**Componente social.** Las comisiones estatales y municipales, las de los pueblos de usos y costumbres y su comisión de prensa y propaganda. Así como el Consejo Técnico brazo de operación del fondo y su órgano regulador la Asamblea General, máxima autoridad del FASDER.

**Implementación**

*Integrar el FASDER y convocar a la Asamblea General Constitutiva.*

*Aprovechar la infraestructura académica de las universidades públicas y privadas, la infraestructura manufacturera y la mano de obra calificada y no calificada del país o extranjera, las instituciones del Estado, los programas públicos, las herramientas tecnológicas de comunicación, entre otros.*

**Evaluación**

*Esta etapa es muy importante porque valora los resultados del proceso y genera las señales de corrección que deberán ser incorporadas a la misión y las metas.*

### 6.5.5 Estructura general y funciones

La Ilustración 10 exhibe gráficamente la estructura del FASDER:

- a) Inicia con el ingreso económico o en especie proveniente de las fuentes propuestas u otras.
- b) Se integra el Consejo de Administración (CA) como el órgano administrativo.
- c) El Consejo Técnico (CT), integrado por especialistas en el ramo, propondrá al CA los proyectos generados por la Incubadora de Proyectos de ER, adjuntando el catalogo de precios por cada concepto y el estudio económico financiero de factibilidad, con el fin de que el CA lo revise y someta a la aprobación de la Asamblea General (AG). En caso de ser aprobado, retorna al CT y es ejecutado por la Comisión de Operación y Proyectos.
- d) Las instalaciones en operación generarán ingresos que regresarán al FASDER, por eso se cuidará que todos los proyectos sean capaces de pagarse a sí mismos y generar utilidades que incrementen el monto del Fondo, ampliando su capacidad de acometer cada vez más retos de financiamiento.

La materialización del FASDER depende en primer lugar del compromiso de mexicanos honestos convencidos de tomar el destino en sus manos y en segundo lugar de la confianza de la sociedad en la administración del mismo. Por ello el Consejo de Administración estará integrado con personalidades de instituciones de educación superior (docentes o investigadores) y ciudadanos de organizaciones populares, elegidos por el personal de su instituto de procedencia y los miembros de sus organizaciones, respectivamente; los cuales deberán ser ratificados por la Asamblea General.

Mediante el trabajo voluntario de los primeros miembros fundadores del CA, iniciará el proceso de **Germinación del FASDER**. Posterior al primer año de operación –cuando el presupuesto lo permita-, devengarán sueldos adecuados por el ejercicio de sus funciones, una vez que la AG se conforme y ratifique a todos los miembros de los Consejos y de las Comisiones.

La transparencia estará garantizada al manejar el avance de los proyectos y los estados de resultados en tiempo real en una página Web.

La Asamblea General será la máxima instancia del FASDER (integrada por todos los participantes, p.e. ejidatarios, intelectuales, técnicos, jefes barriales, etc.) y establecerá los mecanismos de prevención de la corrupción, pues es la mayor amenaza en todas las organizaciones de servicio colectivo.

Hoy en día, la conformación de un CA heterogéneo y un trabajo colectivo inicial con nulos recursos es posible gracias a Internet, por este medio pueden intercambiar puntos de vista cotidianamente y solamente reunirse en el año las veces necesarias.

Ilustración 10.- Esquema FASDER



La primer tarea será convocar a la Asamblea Constitutiva, con el objetivo de plasmar los estatutos del Fondo, la cantidad de miembros del Consejo (podrían ser 15), el establecimiento de cargos con duración de 3 años con posibilidad de reelección por dos periodos consecutivos, considerando que se trata de proyectos de largo plazo.

Hasta aquí, solamente se han esbozado algunos de los rasgos que deben distinguir al FASDER, cuya discusión específica quedará en manos de la Asamblea Constitutiva. No obstante, la esencia a plasmar es una organización al margen del gobierno y los partidos políticos, pero de la mano de instituciones académicas.

Las instituciones que podrían ser convocadas son las siguientes: en la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto de Investigaciones Económicas, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, el Centro de Investigaciones en Energía, el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ecología, el Instituto de Ciencias de la Atmósfera, el Instituto de Biología, el Instituto de Investigaciones Sociales y el Instituto de Investigaciones Jurídicas; en Oaxaca institutos pertenecientes a la Universidad del Istmo, la Universidad de la Sierra del Sur, la Universidad del Mar, la Universidad Tecnológica de la Mixteca y la del Papaloapan; las universidades estatales de los estados de la República con potencial eólico o necesidad energética; y otros institutos pertenecientes a la

Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de la Ciudad de México.

Una sugerencia adicional –en el afán de prevenir el gasto excesivo de recursos y promover la equidad entre proveedores-, se refiere a la elaboración de un catálogo de conceptos permitiendo a las empresas cotizar todos los elementos involucrados en la construcción de un parque eólico con sus mejores precios y tiempos de entrega. Cuando se tengan documentados al menos cinco presupuestos se procede a elaborar el catálogo, contemplando el precio más bajo para una misma calidad y garantía de material o producto. Éste se pondrá a consideración de todos los fabricantes aunque no hayan concursado, los que estén de acuerdo en proporcionar los mismos precios serán elegibles a participar como proveedores.<sup>160</sup>

Este proceso facilitará la inclusión de todos los proveedores interesados, ya que los pedidos se otorgarán equitativamente y por la misma cantidad de dinero evitando el acaparamiento. La suspensión de un proveedor será por el incumplimiento de los compromisos adquiridos con el Consejo del FASDER. El respeto al tiempo de entrega, forma y calidad, lo hará elegible para continuar con más obras.

Sería importante incluir la construcción de una página Web con el objetivo de que el Consejo del FASDER socialice todos los documentos de las negociaciones por motivos de transparencia, para que los estudiosos de todo el país los examinen desde puntos de vista interdisciplinarios y puedan participar con sugerencias que permitan la multiplicación y diversificación del proyecto.

Asimismo, el CA deberá convocar a las instituciones de educación superior a la creación de la carrera en línea especializada en Energías Renovables y Uso Eficiente de la Energía, preparando materiales que se puedan impartir como materias opcionales y desde niveles de conocimiento de alumnos de segunda enseñanza (secundaria). Se necesita involucrar a la sociedad entera y sobre todo a los niños en el conocimiento de la conservación de la naturaleza y cómo el uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad afecta nuestra calidad de vida.

Finalmente, este esquema posibilitará el acceso de las comunidades pequeñas a los recursos económicos del Fondo, bastando una solicitud ante la autoridad designada por la Asamblea Constitutiva, lo cual dará viabilidad a la inquietud de algunas poblaciones en el Istmo de participar como productores y a otras de acceder al servicio eléctrico. Se dará prioridad a las organizaciones de mujeres, pues son las más vulnerables y tienen un papel fundamental en la familia.

---

<sup>160</sup> Se ha identificado que en las compras gubernamentales existe corrupción en las licitaciones, en éstas llegan a colocar productos con precios muy altos.

## 6.6 El tema de la industrialización

La generación eléctrica es una actividad industrial cuyo fruto –en el presente- es considerado una *commodity*, que es un término anglosajón aplicado a todo producto vendido a granel, concretamente las materias primas que son objeto de negociación en mercados organizados: petróleo y gas natural, minerales, metales preciosos, trigo, azúcar, entre otros.

Nicholas Carr (2007), señala que inicialmente la tecnología de producción eléctrica estaba restringida a unos cuantos y quien accedía a ella podía conseguir importantes ventajas competitivas. El aumento en la disponibilidad supuso una reducción del costo, pasando a ser un factor corriente de producción o en términos económicos “commodity”.

Un país no puede desarrollarse si se limita a producir *commodities* para mercados mundiales, debe manufacturar mercancías con alto valor agregado. Fajnzylber marca que una industria basada en el abaratamiento de costos se considera una estrategia de competitividad inferior (*competitividad espúrea*); mientras la *competitividad auténtica* se enfoca en la diferenciación y calidad, enfatiza la producción de conocimiento, progreso técnico e innovación, principales componentes de valor agregado (BUIELAAR, 2001:4,8).

En México se producen cada vez menos productos con esta cualidad. El caso de la industria maquiladora es revelador, sus exportaciones en el año 2000 constituyeron aproximadamente el 30% del PIB, pero la mayoría de los componentes fueron importados y los proveedores locales aportaron menos del 2% de los insumos, particularmente en la construcción de naves industriales, administración de comedores, empresas de administración de personal, mantenimiento, empaque y transporte; es decir, elementos que no se incorporan directamente en la producción. A esto se suma la casi desaparición del empresariado mexicano, ya que unas cuantas empresas transnacionales concentran el dinamismo y las ganancias<sup>161</sup>, mientras la estructura intermedia empresarial se difumina vencida por la competencia sin fronteras o desaparece en favor del mundo informal y los talleres clandestinos declarándose incompetente para luchar contra el contrabando, el abaratamiento de los fletes, la subcontratación de procesos otrora integrantes de la cadena productiva fabril<sup>162</sup>, etc. (ZERMEÑO, 2009: 87-88).

Derivado de lo antes señalado, el desafío será inducir la demanda de aerogeneradores en el mercado doméstico y a la par iniciar la fabricación de componentes hasta llegar a desarrollar tecnología propia, tal como

<sup>161</sup> 300 industrias y 3,500 maquiladoras fueron responsables del 95% de las exportaciones mexicanas entre 1993 y 1999, el resto de las empresas (3.1 millones) participaron con menos del 5% de la actividad exportadora (Dussel, 2001 *cit. por* ZERMEÑO, 2009: 87).

<sup>162</sup> La mayoría de las compañías subcontratistas también está bajo control y propiedad de compañías extranjeras, principalmente en la industria automotriz y de autopartes. En 1977 la relación entre las mexicanas y extranjeras era de 22% y 78% respectivamente, mientras en 1999 el 100% se encontraba en manos extranjeras (Carrillo, 2001 *cit. por* ZERMEÑO, 2009: 96).

hicieron España, India y China, quienes cuentan con empresas exitosas en este ámbito.

La fabricación local de componentes fue estimulada de manera diferenciada en cada país (Tabla 46). En los siguientes renglones se hace una breve descripción (LEWIS, 2007):

- *España*. El mercado eólico se tornó lucrativo a mediados de 1990, cuando se aplicaron primas especiales en las tarifas (feed-in), se otorgaron concesiones de infraestructura de conducción y distribución de energía, se eximió del pago de impuestos a los proyectos eólicos durante 15 años, básicamente.<sup>163</sup> Adicionalmente, las provincias de Navarra, Galicia, Valencia y Castilla y León, condicionaron el acceso de productos extranjeros a la fabricación local de turbinas y componentes eólicos, el gobierno apoyó esta acción dotando de recursos dirigidos al desarrollo de I&D del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), con el propósito de estimular el avance tecnológico y un programa de certificación del equipo con criterios internacionales.
- *China*. En 1994 emitió disposiciones respecto a la interconexión de parques eólicos a la red, e instituyó un subsidio bajo la fórmula *cost-plus-profit*, la cual estableció un precio de la energía eólica que cubría el costo de generación, el pago del préstamo y el interés, más una utilidad razonable (se eliminó en 2006, pero algunos contratos concesionados estipulan feed-in). En 2002 redujo el impuesto de la generación de energía eólica, pasando de 17 a 8.5%, y en 2005 lanzó un programa de concesiones para aprovechar los recursos eólicos en sitios seleccionados con el objetivo de ampliar la producción eólica nacional a 30 GW en 2020 (4,000 MW en 2010 mediante concesiones y con 70% de contenido local). Se estableció que el 20% de las turbinas debería fabricarse en China y se limitaron las importaciones de maquinaria eólica (eliminándose los impuestos progresivamente), lo cual fomentó el ensamble de turbinas, la formación de empresas conjuntas<sup>164</sup> y la consiguiente transferencia tecnológica. El gobierno ha subsidiado desde el inicio la I&D a través de un Fondo de energía.
- *India*. Inició en la década de 1990, pero la falta de datos del recurso y problemas con la interconexión desaceleró la adopción de la energía eólica. A partir de 2003, la ley otorgó el 100% de la depreciación de equipo eólico desde el primer año, una exención fiscal de 5 años y exigió a las provincias que obligaran a sus distribuidores de energía a adquirir un porcentaje mínimo de ER, dejando en manos de ellas la determinación del procedimiento.<sup>165</sup> Alentó la fabricación local de

<sup>163</sup> El objetivo de demanda primaria de ER fue de 12%, y la incorporación anual de 21.5 TWh de energía eólica de 2007-2010 (9000 MW de capacidad instalada). Se establecieron reglamentos dirigidos al desarrollo eólico en altamar y se otorgaron 5 concesiones de infraestructura de distribución (3,200 MW).

<sup>164</sup> El gobierno central elige con cuáles empresas chinas pueden aliarse las empresas extranjeras.

<sup>165</sup> Karnataka estipuló de 5-10% y Madhya Pradesh 0.5%; Maharashtra aplicó una tarifa eoloelectrónica fija que disminuye en el tiempo, un impuesto a los usuarios industriales y comerciales para apoyar pequeños proyectos de ER.

aerogeneradores mediante la aplicación de impuestos aduanales a las importaciones de turbinas acabadas, desarrolló un programa nacional de certificación de aerogeneradores basadas en pruebas y normas internacionales asegurando su competitividad al interior y exterior del país.

Como se observa, hay una extensa gama de medidas que pueden aplicarse a la hora de impulsar la fabricación de componentes eólicos. Los países aquí presentados iniciaron solamente con la certeza de tener recursos eólicos, pero carecían de experiencia en la industria hace 15 años y hoy en día se encuentran encabezando los diez principales países en capacidad eólica, cuentan con empresas bien posicionadas en el mercado mundial y poseen desarrollos tecnológicos propios; todo ello apoyado en políticas públicas con visión de largo plazo y fuertes instituciones.

Como afirma Olson (AYALA, 1999: 55), la diferencia clave entre las naciones ricas y pobres reside en *“que las naciones ricas producen dentro de sus fronteras no aquello que la dotación de recursos permite, sino aquello que las instituciones y las políticas públicas permiten.”*

Por el momento, la construcción y operación del Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el GEF, resulta esperanzador al estar enfocado en la I&D tecnológico, ya que México podría tornarse en proveedor tecnológico, aprovechando las semillas empresariales existentes en el país dedicadas a la producción de componentes eólicos, cubriendo la creciente demanda de aerogeneradores en América Latina, logrando obtener ventajas de la transformación energética en proceso.

<b>Tabla 46.-Medidas de estímulo a la formación de una industria eólica local</b>				
Concepto	India	España	China	México
Metas de penetración en el suministro	★	★	★	★
Depreciación acelerada	★	★		★
Manipulación arancelaria	★	★	★	
Cuota de contenido local		★	★	
Exención de impuestos durante un periodo determinado	★	★		★
Programa de desarrollo tecnológico		★	★	
Programa de certificación con criterios internacionales	★	★	★	
Fuente: Elaboración propia con datos de LEWIS, 2007.				

Hasta el momento, nuestro país no ha aplicado medidas concretas destinadas a incentivar la manufactura de componentes eólicos en el territorio, probablemente porque aún se encuentra en la etapa de creación de la demanda eólica, aunque la experiencia internacional indica que desde el principio se atacaron todos los frentes. A pesar de ello, la cercanía de nuestro país al mercado estadounidense le brinda una ventaja de localización, por lo cual alojará la nueva planta de fabricación de torres y componentes de generadores eólicos de la firma coreana

C.S. Wind Corporation, en Matamoros, Tamaulipas.<sup>166</sup> No obstante, en esta carrera compite contra Brasil que también será sede de una fábrica de Suzlon destinada a satisfacer su mercado nacional y regional, bajando los tiempos de entrega en el sur del continente, limitando la complejidad logística del transporte de las turbinas y reduciendo el costo de la mano de obra.

El punto nodal de la política destinada a promover la creación de la industria eólica nacional deberá estar basada en inversiones que coadyuven a solucionar problemas específicos que aquejan al país y evitar aquellas que solamente aprovechen la localización, la exención de impuestos, el subsidio gubernamental de la infraestructura, la laxitud de las leyes ambientales, el respaldo estatal de salarios indignos y nula protección social, entre otros.

Probablemente, los recursos captados por el FASDER podrían utilizarse en formar una empresa de carácter colectivo que al dedicar esfuerzos a la I&D, sea capaz de absorber la mano de obra calificada del país, en lugar de permitir la “fuga de cerebros”<sup>167</sup>, que se suma de por sí al éxodo laboral con un nivel medio y superior de educación.<sup>168</sup>

Por ejemplo, el camino de la empresa china Goldwind (55% estatal) ha sido fabricar localmente turbinas diseñadas por firmas alemanas mediante la compra de licencias y derechos de propiedad intelectual, logrando patentar mejoras tecnológicas como resultado de su inversión en I&D. Adicionalmente, invierte en la formación de sus empleados en el extranjero y les permite ser accionistas aumentando su compromiso. En 1998 el contenido local era de 33% y el año siguiente ya era de 72%, en el presente asciende a 96%, ya que utiliza componentes producidos por otras empresas chinas (alabes, generadores, caja de cambios, sistemas de control, torres, etc.). Actualmente, controla el 2.8% del mercado mundial de aerogeneradores (LEWIS, 2007: 15-17).

La empresa india más exitosa es Suzlon con 52% del mercado nacional y 7.7% del mercado mundial. Cuenta con importantes co-inversores (City Group, Chryscapital, dos fondos de inversión estadounidenses). Inició su producción con acuerdos de colaboración técnica y licencias, las cuales complementó con la I&D generada en sus centros de investigación ubicados en el extranjero (Alemania, Holanda y Dinamarca), donde tiene acceso a empleados de las empresas líderes en el ramo. Con el objetivo de acceder a más desarrollos tecnológicos ha establecido una empresa conjunta en Austria y compró la alemana Reponer, para aprovechar ventajas de localización construyó fábricas en China y EUA (LEWIS, 2007: 6-9).

<sup>166</sup> La inversión será de 60 mdd y generará 700 empleos directos entre 2010 y 2014 (VALVERDE, 2010).

<sup>167</sup> De cada mil estudiantes que salen al extranjero a prepararse sólo regresan 200 (esto es comprensible porque en el sexenio de Vicente Fox no se abrió una sola plaza en los 27 centros públicos de investigación científica del país). La formación de cada uno de estos estudiantes en el extranjero le cuesta al país alrededor de 60 mil dólares. En los últimos 30 años han salido cien mil estudiantes (ZERMEÑO, 2009: 65-66).

<sup>168</sup> En 2008, México ocupó el primer lugar mundial en número de emigrantes (11.5 millones), tres veces más que el corredor Bangladesh-India (2º puesto); ello constituye el 25% de su Población Económicamente Activa (PEA). Economistas internacionales como Gordo Hanson y Pia Orrenius han demostrado que los mexicanos menos capacitados y con menor nivel educativo no emigran (ZERMEÑO, 2009: 67).

La historia de la española Gamesa comenzó con la formación de una empresa conjunta con Vestas (40%)-Sodena (9%)-Gamesa (51%), en cumplimiento del porcentaje de contenido local. Esta asociación le dio a Gamesa Eólica derechos exclusivos para fabricar, ensamblar y vender tecnología Vestas en España. Gamesa a partir de estos conocimientos desarrollo sus propias innovaciones tecnológicas, ya fortalecida le compró su parte a Vestas, por acuerdo mantuvo los derechos de propiedad intelectual y adquirió la posibilidad de vender en cualquier parte del mundo. También ha comprado licencias y derechos a otras empresas, en el presente controla el 50% del mercado español y el 15.6% del mercado mundial (LEWIS, 2007: 11-12).

En resumen puede decirse que la negociación de licencias y acuerdos tecnológicos normalmente se establecen con empresas de segundo nivel<sup>169</sup>, ya que las empresas líderes no están dispuestas a compartir sus secretos con otras que posteriormente serán sus competidoras, menos si pertenecen a países con mano de obra barata. Este límite podría superarse con la formación de empresas conjuntas asegurando un contenido local. Las opciones presentadas han dado buenos resultados, pero habrá que ver cuáles son asequibles en el marco de la población organizada que plantea este trabajo.

## 6.7 Propuestas adicionales

El FASDER se centra en el financiamiento de proyectos sociales de energía eólica y de otras ER a nivel nacional, pero con énfasis en la idea del empoderamiento regional. Sin embargo, debe articularse con políticas adicionales que restituyan las relaciones sociales y acciones colectivas, por ejemplo el reforzamiento de identidades locales y regionales.

Igualmente, es necesario elevar el capital social del Istmo y del país a través de la educación a todos los niveles. Al igual que cualquier actividad económica durante la etapa de montaje y construcción de la infraestructura existen oportunidades de empleo temporal y local poco calificado. A medida que pasa el tiempo se demanda fuerza laboral más calificada, generalmente inexistente a nivel local, dejando fuera de los beneficios a los grupos más vulnerables.

Por esta razón se debe diseñar políticas específicas de reforzamiento del capital humano regional. Los países europeos han emprendido una ingeniería de formación local socialmente construida, la cual parte desde la capacitación de los productores hasta la formación de recursos humanos altamente calificados, pasando por la capacitación de los servidores públicos, específicamente los encargados de la gestión municipal. Asimismo, han dado especial importancia a la formación de emprendedores rurales que aprovechen las ventajas de las actividades localizadas en el campo como una opción de vida digna. Esto implica el acondicionamiento del medio

---

<sup>169</sup> Esto afecta porque normalmente producen turbinas pequeñas y la tendencia mundial es a las grandes turbinas porque en menos espacio se produce más energía. Además se trata de tecnologías de menor penetración, pero no por ello de mala calidad.

rural como espacio vital atractivo a través de intervenciones no sólo en educación, sino también en salud, servicios públicos e infraestructura (RAMÍREZ, 2004: 147).

Adicionalmente, es importante realizar acciones encaminadas a minimizar los impactos desarticuladores de la emigración, mientras se favorecen los efectos positivos sobre las regiones, reforzando la institucionalidad local y los lazos de identidad. Pueden ser útiles los esquemas de ahorro local vinculadas a las remesas de emigrantes, los programas de jóvenes emprendedores emigrantes y la utilización del vínculo con el extranjero para identificar probables mercados externos de los productos locales.

En esta línea, experiencias como la desarrollada en el municipio de Vitoria-Gasteiz en España muestran la importancia de los mecanismos institucionales dedicados a la generación de información. “Un Observatorio Municipal, preferiblemente localizado dentro del gobierno municipal, es un prerequisite para la instrumentación de una variedad de políticas industriales o sociales [...] Éste es necesario por diversas razones: consenso, el estudio de los sistemas productivos permite a los actores locales tomar decisiones con mayor confianza, comunicar los objetivos de las políticas locales de manera más persuasiva e involucrar a otros actores en la elección de estrategias apropiadas [...]; y dinamismo, una evaluación de las fortalezas económicas de la región es un prerequisite para establecer una política económica y social coherente y es necesaria para que el potencial de la región pueda ser maximizado” (MORALES, 2002: 8).

Finalmente, una visión innovadora debe involucrar activamente a la sociedad civil haciendo uso de la planeación local participativa, las fundaciones de desarrollo local, mecanismos de redistribución y co-gobierno de las regalías, sistemas participativos de evaluación y monitoreo de impactos, entre otros; los cuales son tan importantes en el bienestar de una región, como el acceso a tecnología o financiamiento.

## **6.8 Conclusión**

El territorio nacional esta dividido por la desigualdad social. Ésta se presenta más marcada en el sur del país y en los estados con mayor presencia indígena, tales como Oaxaca donde se construye paulatinamente el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec.

A pesar de su localización, los municipios que albergan la actividad eólica gozan de un IDH medio alto y un Índice de Rezago Social Indígena muy bajo como resultado de la conservación de lazos de solidaridad e identidad colectiva, los cuales les han permitido enfrentar de mejor manera las condiciones de precariedad, aunque ello no ha logrado eliminar de tajo la exclusión del servicio de electricidad, agua potable, drenaje y educación.

El desenvolvimiento de los proyectos eólicos en la zona tiende a perpetuar la paradoja que viven diversas regiones del país, donde se registran elevados niveles de productividad, pero subsiste el hambre, la desnutrición

y la carencia de servicios básicos; pues la concepción gubernamental privilegia la rentabilidad de las empresas en detrimento de las necesidades de la población.

Esta situación ha reforzado la imagen entre la población de constituir cooperativas productoras de electricidad, tal como ha ocurrido en Dinamarca, Argentina, Alemania, etc., permitiéndoles aprovechar el recurso eólico y acceder a la percepción económica derivada de la venta de energía a CFE, en lugar de conformarse con alquilar las tierras a un precio insuficiente para mejorar sustantivamente su calidad de vida.

Una forma de apoyar este tipo de iniciativas es asegurar su financiamiento, pues requieren de inversiones millonarias y el acceso a un préstamo bancario les está casi vetado como resultado del costo del crédito y la falta de garantías. Simplemente, si la tasa de interés fuera de 8.5% -por debajo de la tasa bancaria fijada en México-, el proyecto se vuelve inviable y enfrenta pérdidas.

Esto significa que cualquier proyecto encabezado por la sociedad deberá estar basado en otras alternativas de financiamiento, por ejemplo el FASDER, cuya principal fuente de ingreso derivaría del impuesto aplicado a los consumidores de energía eléctrica en virtud de los daños causados en la salud de los habitantes y los ecosistemas durante su producción; aunado a otros donativos monetarios o en especie, los ahorros de CFE en combustibles por el uso de ER, la venta de bonos de carbono y de energía. La viabilidad de este planteamiento se sustenta en los estudios que el Banco Mundial realizó en diversos países, incluyendo México, donde la población se pronunció en favor de pagar más con tal de que los gobiernos ejecuten acciones contra el cambio climático y sus terribles consecuencias.

Adicionalmente, la actividad eólica no debe limitarse a la producción a granel de energía eléctrica, sino comenzar a apostar por la fabricación de componentes y el desarrollo de tecnología eólica que cubra las necesidades del mercado interno, copiando algunas estrategias seguidas por países como China, India y España, lo cual asegurara la producción de mercancías con alto valor agregado a diferencia de la tendencia espúrea experimentada en la actividad maquiladora.

Finalmente, la acción pública debe considerar la heterogeneidad territorial, de intereses y necesidades, concentrándose en la densificación social en lugar de la rentabilidad. No existen recetas que se puedan implantar a nivel nacional, el punto es atender otras experiencias y adaptarlas al espacio local o regional.

## Conclusiones Generales

El sistema energético mundial está transitando hacia una mayor cobertura del gas, carbón y energía nuclear en sustitución del petróleo, sin embargo a largo plazo se deberá plantear la adopción de las energías renovables de manera contundente en base a los beneficios socio-ambientales que provee, por ejemplo, mediante la inclusión de las externalidades en los costos de producción, la eliminación de subsidios a las tecnologías convencionales, el diseño de esquemas financieros adecuados, el impulso a la investigación y desarrollo tecnológico, la transferencia de los avances hacia zonas menos favorecidas, etc.

México está en un proceso de reformulación de su marco normativo energético y, en sintonía con las pautas internacionales, ha introducido diversas regulaciones en favor de la iniciativa privada. A partir de la reforma de 1993, el 50% de la producción eléctrica destinada al servicio público se ha entregado paulatinamente a empresas de carácter comercial, dedicando cuantiosas sumas de dinero del presupuesto de Comisión Federal de Electricidad a la compra de esta energía, mientras parte importante de su parque de generación está parado, incluyendo algunas plantas hidroeléctricas; lo cual se traduce en el abandono de las ideas que sustentaron la nacionalización del sector eléctrico y la vuelta a un sistema ineficiente acaparado por el capital privado nacional y extranjero, enfocado en los mercados más redituables y sin objetivos sociales claros.

El señalamiento anterior se reproduce en la adopción de la energía eólica cuyos principales instrumentos de estímulo son el contrato de interconexión eléctrica, el convenio del servicio de transmisión, la depreciación acelerada, un sistema de tarifas en proyectos eólicos ejecutados por los productores independientes de energía y los de autoabastecimiento, seguridad en la propiedad de la tierra y bajos alquileres, básicamente. Estas directrices crean un nuevo nicho de negocios a la inversión privada, no sólo por la venta total de la producción o de excedentes al servicio público, sino también por el acceso a los flujos de capital nacional e internacional, ya sea vía subsidio o venta de bonos de carbono, lucrando con el cambio climático y la transición energética.

El mayor número de emplazamientos eólicos se están ubicando en el Corredor del Istmo de Tehuantepec localizado en la zona de La Ventosa, Oaxaca, debido a sus características eólicas, aunque se comienzan a construir granjas en Nuevo León, Tamaulipas y Baja California. El impulso de la energía eólica llegó con la inclusión del tema en las negociaciones internacionales y en los corredores energéticos planteados en el Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica y la Asociación para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte, dirigidos al establecimiento de un área geográfica y económica que combina la producción a gran escala de energía en las zonas más aptas y el comercio de los excedentes hacia los grandes consumidores, facilitando dicho flujo a partir de la construcción conjunta de infraestructura *ad hoc*. El papel del Corredor es proveer espacios de ejecución de proyectos inscritos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, canalizar sus excedentes energéticos hacia los países centroamericanos, abastecer con electricidad limpia a las empresas

estadounidenses que están obligadas a cubrir una cuota dada y probar los efectos de las ayudas especiales a la producción eólica sin poner en riesgo la rentabilidad de dichos proyectos.

En la comparación de desempeño de cada fuente en la producción eléctrica en México (viento, gas, combustóleo y carbón) se encontró que si bien el factor de planta de la eólica es menor al resto de las fuentes de energía, las termoeléctricas basadas en combustibles fósiles son intensivas en el uso de combustible durante su operación: 2,659 toneladas al año de carbón, 1,467 metros cúbicos al año de combustóleo y 1,533,621 de gas natural. La eólica únicamente consume el equivalente a 83 barriles de petróleo en toda su vida útil, es decir, en el estudio de la cuna a la tumba.

Derivado del consumo de combustibles, las emisiones de dióxido y monóxido de carbono, azufre y óxidos de nitrógeno son superiores en las termoeléctricas. La carboeléctrica emite 199 veces más dióxido de carbono que la eólica, la térmica-combustóleo 169 y el ciclo combinado-gas 110. En 20 años de operación las térmicas habrán emitido a la atmósfera por cada Megawatt instalado 84,452 toneladas de dióxido de carbono en promedio, mientras la eólica solamente 529 toneladas. La emisión de monóxido de carbono de la carboeléctrica excede 28 veces a la eólica, la térmica-combustóleo 10, el ciclo combinado-gas 9.7. Respecto al azufre, la carboeléctrica emite 396 veces más que la eólica, la térmica-combustóleo 721 y el CC-gas 12%. En el caso de las emisiones de óxidos de nitrógeno, la carboeléctrica produce 276, el combustóleo 65 y el gas natural 73.2 veces más que la eólica.

Igualmente, en términos del consumo de agua el ciclo combinado-gas consume 13 veces más agua anual que la eólica, la de carbón 38 y la de combustóleo 88, y en lo que se refiere a la eficiencia del sistema, es decir la energía de salida durante la vida útil entre la energía de entrada, se coloca la generación eoloeléctrica muy por encima de cualquier tecnología térmica. La eólica terrestre produce 35.3 veces más energía de la que se ocupó en su manufactura, transporte, construcción, mantenimiento y desmantelamiento, y los sistemas eléctricos térmicos son ineficientes pues consumen más energía de la que generan durante su operación. A pesar de la no inclusión del consumo de energía durante otras fases, la gas-eléctrica consume 2.54 veces más que la energía generada, la carboeléctrica 2.79, la combustóleo-eléctrica 2.83 y la diesel 3.55.

En la comparación financiera de los sistemas de generación eléctrica (eólica, carbón, gas y combustóleo) mediante un modelo financiero realizado expresamente para este trabajo, se obtuvo que el aprovechamiento de la energía eólica es un negocio rentable, capaz de soportar una baja tarifa en el kilowatt hora, nulos o bajos incrementos de la tarifa de electricidad y tasas de interés menores a 8.5%; todo ello, con un bono de 14 dólares por tonelada de dióxido de carbono evitada y sin necesidad de ayudas gubernamentales especiales. Por su parte, las plantas termoeléctricas fósiles analizadas están siendo subsidiadas vía un pago del kilowatt hora mayor al de la eólica con el objetivo de que puedan soportar los altos precios de los combustibles y la afectación que reciben

por el incremento en la tasa de inflación. En los últimos años se ha experimentado una excesiva volatilidad a nivel mundial en los precios de gas y petróleo, poniendo en riesgo al Sistema Eléctrico Nacional dependiente en 80% de tales combustibles, debido a la caída de la producción petrolera del país en la última década y el aumento constante en la importación de gas desde otras latitudes, lo cual subraya la necesidad de comenzar a expandir las tecnologías renovables autóctonas que en un momento dado aseguren el suministro eléctrico del país independientemente de si se logran localizar y desarrollar nuevas reservas fósiles.

Asimismo, se identificó que los proyectos eólicos están concentrándose en manos de empresas privadas, cuyo fin último es maximizar el valor de los intereses de sus socios, sin considerar las necesidades de la población involucrada. El pago de la renta de la tierra a los ejidatarios es reducida en comparación con otras experiencias en el mundo, lo cual ha significado una clara oposición de la población del Istmo respecto de este tipo de proyectos. El análisis financiero confirmó la factibilidad en los proyectos eólicos de proporcionar un pago por el alquiler de la tierra más elevado sin comprometer la rentabilidad del proyecto, otorgando 50 dólares por metro cuadrado al año si se destina el total de los bonos de carbono obtenidos en una planta de 1,549 kilowatts, o bien, 10.19 dólares por metro cuadrado al año dedicando solamente el 20% de dichos bonos, tal como se contempló en este estudio. En teoría, si Comisión Federal de Electricidad paga a los productores eólicos 0.0470 dólares por kilowatt hora, los ejidatarios deben estar recibiendo 3.34 dólares por metro cuadrado al año si su regalía equivale al 1% de la producción eléctrica o 6.02 dólares si se trata del 1.85%. Los ejidatarios quejosos argumentan que están obteniendo mucho menos de lo pactado en los contratos, algunos señalan 0.0010 dólares por metro cuadrado al año, es decir, 10.94 dólares por hectárea al año.

En este contexto, la concreción de proyectos eólicos en el Istmo tiende a perpetuar la paradoja que viven diversas regiones del país, donde se registran elevados niveles de productividad, pero subsiste el hambre, la desnutrición y la carencia de servicios básicos, ya que la concepción gubernamental privilegia la rentabilidad de las empresas en detrimento de las necesidades de la población. Esta situación refuerza la imagen entre la población de constituir cooperativas productoras de electricidad, tal como ha ocurrido en Dinamarca, Argentina o Alemania. No obstante, si en México pequeñas cooperativas o asociaciones solidarias desearan acceder a las prerrogativas que tienen los productores a gran escala, tendrían que plantear la creación de proyectos de 100 Megawatts en adelante, lo que implica una inversión muy grande y el acceso a un préstamo bancario les está casi vetado como resultado del costo del crédito y la falta de garantías. Simplemente, si la tasa de interés fuera de 8.5% -igual a la tasa máxima ponderada en bonos gubernamentales-, el proyecto se vuelve inviable y enfrenta pérdidas.

Cualquier proyecto encabezado por la sociedad deberá estar basado en otras alternativas de financiamiento, por ejemplo la propuesta de formación del Fondo de Autofinanciamiento Social de Desarrollo de

Energías Renovables (FASDER), dedicado a financiar proyectos realizados por la sociedad organizada y cuya principal fuente de ingreso derivaría del impuesto aplicado a los consumidores de energía eléctrica de un centavo por kilowatt hora consumido al año, aunado a otros donativos monetarios o en especie, los ahorros de Comisión Federal de Electricidad en combustibles por la producción mediante energías renovables, la venta de bonos de carbono y de energía. Esto significaría una revolución en la concepción actual que encumbra a las empresas y excluye a las comunidades.

Finalmente, la actividad eólica no debe limitarse a la producción a granel de energía eléctrica, sino comenzar a apostar por la fabricación de componentes y el desarrollo de tecnología eólica que cubran las necesidades del mercado interno, copiando algunas estrategias seguidas por países como China, India y España, asegurando la producción de mercancías con alto valor agregado y la absorción de la mano de obra calificada existente en nuestro país y que actualmente se encuentra desempleada o en vías de emigrar, para ello se quiere del fortalecimiento de las instituciones y las políticas ambiental, energética, social, industrial, científica, educativa, fiscal y financiera, así como la coordinación de los actores involucrados, tales como el gobierno nacional, estatal, municipal y local, empresas, campesinos, caciques, organizaciones comunitarias, entre otras.

## Referencias

- AAEE (2009). Panorama de la energía eólica en la Argentina, Asociación Argentina de Energía Eólica, <http://www.argentinaeolica.org.ar/portal/images/stories/Publicaciones/Anuario%20E&N.pdf>
- ABB (2005). Proven technology for wind energy, ABB, 9 de December: 12.
- Adolfo Orive (Coord.) (2010). Poder popular, Fundación México Social Siglo XXI, A.C., México: 517.
- ALADI (2008): <http://www.aladi.org/>
- Alatríste Galván, Pablo (2007). Urge la AIE reducir emisiones de CO<sub>2</sub> 2006-2030, la doble amenaza energética, en *Energía Hoy*, Febrero, 35: 44-51.
- Alihuen (2004). Energía eólica en la Argentina, en <http://www.alihuen.org.ar/informacion-en-general/plantas-eolicas-en-la-argentina.html>
- Almazán González, José Antonio (2007). ASPAN: riesgo para México, en *La Jornada*, México, jueves 22, <http://www.jornada.unam.mx/2007/03/22/index.php?section=opinion&article=026a2pol>
- AMDEE (2008). Aplicaciones de la energía eólica, en Asociación Mexicana de Energía Eólica, <http://www.amdee.org/aplicaciones.asp>
- AMDEE, Asociación Mexicana de Energía Eólica, <http://www.amdee.org/>
- Angulo de Leseigneur, Cintia (2007). El carbón como energético limpio, en *Energía a debate*, México, año 4, tomo IV, no. 23, noviembre-diciembre: 27-28.
- APPA (2005). Impactos ambientales de la producción eléctrica: Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica (resumen del documento original elaborado por AUMA y publicado por IDAE/CIEMAT/APPA en el 2000): 42, [http://www.appa.es/descargas/Resumen\\_Estudio\\_ACV.pdf](http://www.appa.es/descargas/Resumen_Estudio_ACV.pdf)
- Arias Angulo, Allen (2007). De empresas estatales de hidrocarburos a empresas de energía, gestión y uso de energía renovable, en *Foro de Integración Energética Regional*, Medellín, Colombia, noviembre 2007, RECOPE S.A, Costa Rica: 20
- ASPAN (2005). Reporte a los mandatarios, junio: 102, <http://info.sct.gob.mx/index.php?id=560>
- Avilés Hernández, Olinca Valeria (2008). Proyectos de energía eólica en el marco del Plan Puebla Panamá; transformación en las estructuras socioculturales: El caso de La Venta, Oaxaca, Licenciatura en Sociología, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM: 100.
- AWEA (2008). *Siting handbook*, diciembre, <http://www.awea.org/sitinghandbook/>
- Ayala Espino, José (1999). *Instituciones y economía. Una introducción al neoinstitucionalismo económico*, FCE, México: 396.
- Ayala Espino, José (2003). *Instituciones para mejorar el desarrollo. Un nuevo pacto social para el crecimiento y el bienestar*, Fondo de Cultura Económica, México: 448
- BANAMEX (2009). CETES, 01/09/2009, <http://www.banamex.com.mx/esp/finanzas/historicos/cetes/cete.jsp?id=26&year=2009>
- Banco de México (2011). Operación en Directo de Valores Gubernamentales vía Casas de Corretaje, 23/03/2011, en <http://www.banxico.org.mx/portalesEspecializados/tasasInteres/opeDirectoViaCasasCorretaje.html>
- Batumbya Nalukowe, Bárbara y Jianguo Liu, Wiedmer Damien y Thomas Lukawki (2006). *Life Cycle Assessment of a Wind Turbine*, Group 7 (1N1800), Mayo 22: 28.
- BBVA Bancomer (2009). Tasa de interés por préstamo bancario (publicidad), BBV, Noviembre.
- Beltrán, Leonardo (2006). Estrategia energética de México en Norteamérica, en *Foro biregional de América del Norte y de América Latina y el Caribe*, Consejo Mundial de Energía, junio 5: 24
- BirdLife International (2008a). Most Endemic Bird Areas are in the tropics and important for other biodiversity too. Presented as part of the BirdLife State of the world's birds website, junio, <http://www.biodiversityinfo.org/sowb/casestudy.php?id=21>
- BirdLife International (2008b) *El estado de conservación de las aves del mundo: indicadores en tiempos de cambio*. Cambridge, UK.
- BirdLife International (2008c) *Critically Endangered birds: a global audit*. Cambridge, UK: BirdLife International.
- BM (2006). Project appraisal document on a proposed grant from the global environment trust fund in the amount of US\$25.0 million

to the United Mexican States for a Large-scale renewable energy development project, Report No. 35075-MX, junio: 175. [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pe/Mexico%20GEF%20SRDP%20PAD%207%20June%2020061.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pe/Mexico%20GEF%20SRDP%20PAD%207%20June%2020061.pdf)

- BM (2008). Reseña temática: Financiamiento del carbono, en Boletín del Banco Mundial, semana del 3-10 de junio, <http://go.worldbank.org/OB937J9HM0>
- Borja Díaz, Marco A., Jaramillo Salgado y Fernando Mimiaga Sosa (2005). Primer documento del proyecto eoloelectrico del corredor eólico del Istmo de Tehuantepec, IIE, UNDP, GEF, Gobierno del Estado de Oaxaca, México: 42.
- BP (2007). BP's strategy update 2007, <http://www.bp.com/>
- BP (2009). Statistical review of World Energy, junio, <http://www.bp.com/statisticalreview>
- BTM consult (2007). World market update (Forecast 2007-2011), BTM consult ApS, <http://www.btm.dk/>
- BTM consult ApS (2004). World market update 2004 (Forecast 2005-2009), <http://www.btm.dk/>
- BTM consult ApS (2008). International Wind Energy Development World Market Update 2007 Forecast 2008-2012, March 27: 2.
- BTM consult ApS (2009). International wind energy development, BTM Consult APS, [http://www.btm.dk/public/selected\\_graphs.pdf](http://www.btm.dk/public/selected_graphs.pdf)
- BTM consult ApS (2010). World market growth rates 2004-2009, <http://www.btm.dk/>
- Buitelaar, Rudolf M. (2001). Conceptos, inquietudes y aglomeraciones en torno a la minería, en Buitelaar (compilador), Aglomeraciones mineras y desarrollo local en América Latina, Bogotá, Colombia, CEPAL/IDRC, Alfaomega, 2001: 325.
- Cáceres, Pedro (2010). Copenhague se queda en una "declaración de intenciones", en El mundo, 17 de enero, <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/12/19/ciencia/1261218268.html>
- CADER (2009).. Estado de la industria eólica en Argentina 2009, Cámara Argentina de Energías Renovables, Argentina: 44, <http://www.argentinarenovables.org/archivos/EstudioEolicoCADER2009.pdf>
- Cardoso, Víctor (2011). Bancos que operan en México cobraron intereses por \$372.6 mil millones en 2010, en La Jornada, 14 de febrero: 21.
- Carless, Jennifer (1995). Energía renovable. Tecnología de punta para utilizar otras fuentes de energía, EDAMEX, traducción de Laura D. Garibay Bellono, México: 245.
- Carr, Nicholas (2007). It doesn't matter, en Nicholas Carr's blog, January 3, [http://www.rougthype.com/archives/2007/01/it\\_doesnt\\_matte.php](http://www.rougthype.com/archives/2007/01/it_doesnt_matte.php)
- Casallas, David (2008). Licitación de refinería mesoamericana no recibe ofertas, en Business News Americas, APEC, 23 de septiembre, [http://www.bnamericas.com/news/petroleoygas/Licitacion\\_de\\_refineria\\_Mesoamericana\\_no\\_recibe\\_ofertas](http://www.bnamericas.com/news/petroleoygas/Licitacion_de_refineria_Mesoamericana_no_recibe_ofertas)
- CDI (2005). Índice de rezago social de los pueblos indígenas, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas: 4.
- CEE (2007). World energy technology outlook 2050 (WETO-H2), Luxemburgo, Comisión Europea: 168.
- CEPAL (2009). Panorama social de América Latina 2009, CEPAL: 64, <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/37839/PSE2009-Sintesis-Lanzamiento.pdf>
- CFE (2006). Uso y aprovechamiento del agua para generación de energía eléctrica, en IV Foro Mundial del Agua, Dirección de Operación/ Subdirección de Operación, 17 de marzo: 39.
- CFE (2008). Historia, Unidad de Control de Gestión, 23-06-2008, <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/historia/>
- CFE (2008b). Programa de obras e inversiones del sector eléctrico 2008-2017, Subdirección de Programación/Coordinación de Planeación, México: 224.
- Chávez Carballo, Elías (2011). Bonos de carbono, destino incierto, en ER [Energía Racional], FIDE, No. 78, México, enero-marzo: 8-11.
- CITES (2009). Apéndices I, II y III, en <http://www.cites.org/esp/app/index.shtml>
- CMM (2006). Hacia una estrategia nacional de acción climática para el sector energía, Centro Mario Molina, [http://www.centromariomolina.org/pub\\_doctos.html](http://www.centromariomolina.org/pub_doctos.html)
- Cochet, Yves (2004). Affronter le monde après Hubbert, <http://www.yvescochet.net/wordpress/?cat=7>
- Comunistas mexicanos (2007). Los comunistas de América del Norte contra el ASPAN, en Comunicado, 19.08.2007, Partido Comunista de Canadá, Partido Comunista de los Estados Unidos, Partido de los Comunistas de México, [www.comunistas-](http://www.comunistas-)

[mexicanos.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=148](http://mexicanos.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=148)

- CONAE (2007). Las energías renovables en México y en el mundo. Semblanza, en Fuentes renovables de energía, <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7157/1/Semblanza09.pdf>
- CONAPO (2000). Anexo estadístico. Índice de Desarrollo Humano por municipio, CONAPO, México.
- CONAPO (2005). Índices de marginación por entidad federativa, CONAPO, México: 248.
- CONAPO (2009). Índice de Marginación por Localidad, CD-Room, Secretaría de Gobernación.
- Concheiro, Luciano (2010). Enseñanzas regionales I, en 3 er. Coloquio Regiones: Construyendo sociedad en el siglo XXI, 12 y 13 de agosto.
- CONEVAL (2010). Dimensiones de la seguridad alimentaria: Evaluación Estratégica de Nutrición y Abasto, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, febrero: 164, <http://medusa.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/resource/coneval/home/Evaluacion%20de%20Nutricion%20y%20Abasto%202010.pdf?view=true>
- CONOC (2010). Crisis climática, balance de la COP-16, en La Jornada, 9 de diciembre: 17.
- Coraggio, José Luis (2006). Las políticas públicas participativas: ¿obstáculo o requisito para el desarrollo local?, en Adriana Rofman y Alejandro Villar (Comp.). Desarrollo local. Una revisión crítica del debate, Espacio Editorial, Universidad Nacional de General Sarmiento, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina: 23-36.
- CRE (2009). Tabla de permisos de generación e importación de energía eléctrica administrados al 31 de mayo de 2009, <http://www.cre.gob.mx/documento/1565.xls/>
- Cruz Rueda, Elisa (2008). Mecanismos de consulta a los pueblos indígenas en el marco del convenio 169 de la OIT: el caso mexicano, en Revista Pueblos y Fronteras digital, Núm. 5, Junio-Noviembre, <http://www.pueblosyfronteras.unam.mx>
- Cruz Serrano, Noé (2009). Pemex va por los campos en abandono, en Energía Hoy, México, julio, 64: 42-45.
- CTF (2009). Clean Technology Fund. Investment plan for Mexico, Climate Investmet Funds, en Meeting of the CTF Trust Fund Committee, Washington, D.C., enero 29-30, 2/8
- Danell Sánchez, Juan (2010). El debate atorado en la mesa, en ER [Energía Racional], FIDE, No.77, FIDE, México, octubre-diciembre: 1.
- Danell Sánchez, Juan (2011). Palabra de editor, en ER [Energía Racional], No. 78, FIDE, México, enero-marzo: 1.
- Danell Sánchez, Juan (2011). PECC, vanguardia contra calentamiento global, en ER [Energía Racional], No. 78, FIDE, México, enero-marzo: 18-20.
- De Buen Rodríguez, Odón (2006). La Comisión de Cooperación Ambiental de Norteamérica y las energías renovables en México: Un balance positivo, 17 de julio, en FUNTENER, [www.funtener.org](http://www.funtener.org)
- De Buen Rodríguez, Odón (2010). Fondos públicos para programas de ahorro de energía y uso de energías renovables, en Energía a debate, marzo-abril, <http://www.energiaadebate.com/Articulos/Marzo2010/DeBuen.htm>
- De la Vega Navarro, Ángel (2007). La transición energética y México como exportador de petróleo. Nuevas dimensiones del análisis y de las políticas energéticas, en José Luis Calva (coord.), Agenda para el desarrollo: Política energética, Porrúa, México: 345-359.
- DOF (1983). Decreto por el que se modifica el artículo 28 constitucional, México, 03-02-1983.
- DOF (1993). Ley del servicio público de energía eléctrica (últimas reformas y adiciones), México, 27-12-1993.
- DOF (2001). Reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica (últimas reformas y adiciones), México, 24-04-2001.
- DOF (2001<sup>a</sup>). Instrumentos de Regulación para las Energías Renovables, en Diario Oficial de la Federación, México, 07-09-2001.
- DOF (2006). Modificaciones al modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable, en Diario Oficial de la Federación, México, 07-01-2006.
- DOF (2007). Metodología para la determinación de los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica para fuente de energía renovable, en Diario Oficial de la Federación, 9/07/07: 1-15.
- DOF (2008). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, en Diario Oficial de la Federación, México, 28 de noviembre: 7.

- DOF (2009). Reglamento de la *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética*, y en Diario Oficial de la Federación, 2/09/07: 36-43.
- Dolores Mijangos, María del Rosario (2009). Análisis de sistema de asentamientos del Istmo de Tehuantepec. Implicaciones para el desarrollo, Maestría en Desarrollo Urbano, Facultad de Arquitectura, UNAM: 204.
- Domínguez Mares, Malinali (2005). Comercio justo como alternativa para la cooperación internacional para el desarrollo: La experiencia de la Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo, Licenciatura en Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM: 157.
- Domínguez, José Antonio (1995). Energías alternativas, Equipo Sirius, España: 160.
- Dukert, Joseph M. (2005). La energía en América del Norte: Por fin, un solo continente, en *Energía a debate*, octubre-noviembre, [http://www.energiaadebate.com.mx/Articulos/oct-nov-2005/joseph\\_m\\_dukert.htm](http://www.energiaadebate.com.mx/Articulos/oct-nov-2005/joseph_m_dukert.htm)
- DWIA (2003). Visita guiada: recursos eólicos, en Danish Wind Industry Association, <http://guidedtour.windpower.org/es/tour/wres/index.htm>
- EC (2005). European wind energy at the dawn of the 21<sup>st</sup> century. Research funded under the Fifth Framework Programme, European Commission, Brussels: 76, [http://europa.eu.int/comm/research/energy/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/research/energy/index_en.htm)
- Elliott, *et al.* (2004). Atlas de recursos eólicos del estado de Oaxaca, USAID, NREL, abril: 34.
- Enciclopedia Interoceánica (2001). Los fenómenos atmosféricos, en Enciclopedia interoceánica tercer milenio, Club Cultural, Buenos Aires, Argentina, 1 (geografía y astronomía): 29-38.
- ENDESA (2007). Principios de la energía eólica, Módulo La energía eólica, ENDESA Subdirección de selección y formación, septiembre: 52, <http://www.escuelaendesa.com/>
- Energía Hoy (2009). Inician construcción de Rumorosa I, en *Energía Hoy*, México, mayo, 62: 20.
- Energía Hoy (2009b). Compra carbón por US\$12,00 millones, en *Energía Hoy*, México, mayo, 62: 12.
- ENTE (2009<sup>a</sup>). Fondos públicos para programas de ahorro de energía y aprovechamiento de energías renovables, Una serie sobre mejores prácticas y experiencias internacionales y su aplicación en México, *Energía, Tecnología y Educación*, S.C., junio, No. 1 y 2.
- Escalona, Miguel (2010). Redes alternativas y economía solidaria: productores, mercados y consumidores, en 3<sup>er</sup>. Coloquio Regiones: Construyendo sociedad en el siglo XXI, 12 y 13 de agosto.
- ESCANDA (2010). Energía renovable para beneficio local, Asociación ESCANDA, Consejo de Lena, Asturias, España, <http://www.escanda.org/proyectos/Renovables/estudio.php>
- EWEA (2009). The economics of wind energy, European Wind Energy Association, marzo: 156, [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/reports/Economics\\_of\\_Wind\\_Main\\_Report\\_FINAL-Ir.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL-Ir.pdf)
- EWEA (2009b). Wind energy- The facts, European Wind Energy Association/European Commission, Bélgica, Octubre: 32, [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/WETF/1565\\_ExSum\\_ENG.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WETF/1565_ExSum_ENG.pdf)
- Exxon Mobil (2007). The Outlook for Energy A View to 2030, Texas, USA, November, <http://www.exxonmobil.com>
- Fernández Muerza, Alex (2010). Cooperativas ciudadanas para producir energías renovables, 14 de Noviembre, <http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/cooperativas-ciudadanas-para-producir-energias-renovables/http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/cooperativas-ciudadanas-para-producir-energias-renovables/>
- FIRCO (2008). Proyecto de desarrollo rural sustentable para el fomento de las fuentes alternas de energía en los agronegocios, que promueven la eficiencia energética en el sector agropecuario: Aspectos sociales dentro del proyecto, FIRCO, México: 25.
- FIRCO y SAGARPA (2008). Una alternativa para el aprovechamiento de la energía solar en el sector agropecuario, en *Claridades agropecuarias*, ASERCA/SAGARPA, México, enero: 3-25.
- Flavin, Christopher (2008). Building a Low-Carbon Economy, en *WWI, State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*: 75-90.
- FOMAGRO (2008). Proyecto de desarrollo rural sustentable para el fomento de las fuentes alternas de energía en los agronegocios, que promuevan la eficiencia energética en el sector agropecuario, SAGARPA/FIRCO: 25, <http://www.firco.gob.mx/energia/docs/Evaluaci%C3%B3nsocialdelproyecto.pdf>
- Force Technology (2006). Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines, VESTAS, 21 de julio: 60.

- Galindo, Luis Miguel (Coord.) (2010). La Economía del Cambio Climático en México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General Adjunta de Análisis de Política y Financiamiento Estratégico, julio, México: 443.
- García Reyes, Miguel (2007). La nueva revolución energética (su impacto en la geopolítica y la seguridad internacional), García, Goldman y Koronovsky Editores, México, Centro de Investigaciones Geopolíticas en Energía y Medio Ambiente: 384.
- García Vázquez, Miguel Ángel (2006). Aspectos económicos, tecnológicos y ambientales de la energía eólica para la generación de electricidad en México, Maestría en Ingeniería en Economía de la Energía, Facultad de Ingeniería, UNAM: 102.
- Gipe, Paul (2004). Community wind: The third way, en Wind-works.org, <http://www.wind-works.org/articles/communitywindthethirdway.html>
- Gómez Rocha, Martín (2009). Impacto ambiental de la energía eólica en avifauna y murciélagos; soluciones y medidas para su mitigación, Maestría en Ingeniería energética-planeación y política energética, Facultad de Ingeniería, UNAM: 202.
- González Amador Roberto (2011). El crecimiento, insuficiente para la recuperación de México: BM, en La Jornada, México, 3 de febrero: 27.
- González Amador, Roberto (2010). Crecen 18.4% las ganancias de bancos en México en nueve meses, en La Jornada, México, 19 de noviembre: 26.
- González Chávez, Jorge (1999). Energía eléctrica: nacionalización/privatización, en Reportes, Servicio de investigación y análisis, División de política interior, Cámara de Diputados LVII Legislatura, México: 15.
- González Durand, Berenice (2010). SOS ambiental, en ER [Energía Racional], FIDE, México, No.77, octubre-diciembre: 8-11.
- González, Susana G. (2010). Por cada peso para generación de empleos 10 se destinarán a seguridad, en La Jornada, 12 de septiembre: 26.
- Graphic News (2007). Intereses energéticos chinos en Sudamérica, en Energía Hoy, México, 40: 16.
- Graphic News (2008). Impactos clave por el incremento de la temperatura global, en Energía Hoy, enero, 46: 16.
- Graphic News (2008). La ANSEAN busca más potencia nuclear, en Energía Hoy, Febrero, 47:16.
- Graphic News (2008).Ucrania amenaza a Europa con bloquear el gas en su territorio, en Energía Hoy, Abril, 49: 16.
- GTEAN (2008). Grupo de Trabajo para América del Norte, <http://200.23.166.141/work/sites/Sener/resources/LocalContent/1139/1/GTEAN.html>
- GWEC (2006). Global wind report, Global Wind Energy Council, Bruselas, Bélgica: 60.
- GWEC (2007). Global wind report, Global Wind Energy Council, Bruselas, Bélgica: 72.
- GWEC (2008). Global wind report, Global Wind Energy Council, Bruselas, Bélgica: 60.
- GWEC y Greenpeace (2006b). Perspectivas globales de la energía eólica, GWEC, Bélgica: 60.
- Hayat, Souad y Antonio San Millán (2004). Finanzas con Excel, Mc Graw Hill, Madrid, España: 434.
- Heidenreich, Regine (1998). Economics and institutions: The socioeconomic approach of K. William Kapp, en Journal of economic issues, vol. XXXII, No. 4, diciembre.
- Herrera Molina, Manuel (2000). Derecho tributario ambiental. La introducción del interés ambiental en el ordenamiento tributario, Marcial Pons-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Ibararán Viniestra, Ma. Eugenia (2004). Externalidades, Bienes Públicos y Medio Ambiente, Departamento de Economía, Universidad de las Americas, Puebla, México: 15.
- Iberdrola (2007). Energías renovables para todos. Eólica, Iberdrola, España: 20.
- IEA (2007). Key world energy statistics, OCDE/IEA, Paris: 84.
- IEA (2007). World energy outlook 2007, <http://www.iea.org/weo/2007.asp>
- IEA (2008). Member countries, <http://www.iea.org/about/membercountries.asp>
- IEA (2008b). Renewable energy essential: Wind, OCDE, Paris: 4.
- IEA (2009). Key world energy statistics, IEA, Paris, Francia: 82

- IEA (2009b). Technology road map: wind energy, OCDE, Paris: 52, <http://www.iea.org/about/copyright.asp>
- Inclán Gallardo, Ubaldo (2004). Energías renovables en México, potenciales de aprovechamiento e iniciativas actuales, SENER: 28.
- INECOL (2003). Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, proyecto eólico La Venta II Oaxaca, [http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/06/21/000160016\\_20060621173129/Rendered/INDEX/e130410PAPER.txt](http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/06/21/000160016_20060621173129/Rendered/INDEX/e130410PAPER.txt)
- INEGI (2011). Indicadores oportunos de ocupación y empleo. Cifras preliminares de enero 2011, en Comunicado, No. 051/11, Aguascalientes, Ags., 25 de febrero, <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/ocupbol.asp>
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability (Summary for Policymakers), Brussels, April: 23.
- IPCC (2007b). Climate Change 2007: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers), Switzerland, February: 18.
- IPCC (2007c). Climate Change 2007: Mitigation of climate change (Summary for Policymakers), Bangkok, Thailand, May: 35.
- IUCN (2009). Red List of Threatened Species, en <http://www.iucnredlist.org/>
- Jalife, Alfredo (2007). Petroleras estatales al rescate de la OPEP, entrevista realizada por Mayra Martínez Medina, en Energía Hoy, noviembre, 44: 36-46.
- Keohane, Robert (1986). Theory of World Politics: Structural Realism and Beyond, en: R. Keohane. Neorealism and its Critics, New York: Columbia University Press: 209.
- Knight. J. (1992). Institutions and Social Conflict, Cambridge University Press, Reino Unido.
- Laris Alanís, Eugenio (2008). Proyectos eólicos Oaxaca I, II, III y IV, Comisión Federal de Electricidad, México, 29 de febrero: 18.
- Lemaitre, Frederic (2008). ¿El crecimiento es compatible con Kyoto?, en Excelsior, Abril 2: 5.
- Lewis, Joanna I. (2007). A comparison of wind power industry development strategies in Spain, India and China, Center for Resource Solutions, Energy Foundation, China Sustainable Energy Program, July 19: 25, <http://www.newenergyindia.org/Comparison%20of%20Wind%20Energy%20Power%20Industry%20in%20India.%20China.%20and%20Spain.pdf>
- López Ortiz, Benjamín (2005). Impacto de los costos económicos y ambientales en el sector eléctrico mexicano. Un modelo de simulación para la energía eólica y solar fotovoltaica, Licenciatura en Economía, Facultad de Economía, UNAM: 98.
- López Rodríguez, Ivet (2007). Propuesta Latinoamericana de Integración Energética, en Boletín Electrónico ISRI, no. 17, Instituto superior de Relaciones Internacionales Raúl Roa García, La Habana, Cuba, Febrero-Marzo, [http://www.isri.cu/Paginas/Boletin/boletin\\_9907.htm](http://www.isri.cu/Paginas/Boletin/boletin_9907.htm)
- López Sarabia, Pablo (2010). Coberturas de petróleo crudo en México, en Energía Hoy, México, febrero, 71: 24-27.
- López-Velarde, Rogelio y Jorge Jiménez (2006). México (Heftye y Soria Abogados), en Global Competition Review, Electricity regulation 2006 in 30 jurisdictions worldwide, International Bar Association, Law Business Research Ltd., London, UK: 208.
- Lozano Tena, Victoria (2008). El valor del paisaje, en Sollavientos, 27/06/2008, <http://sollavientos.blogspot.com/2008/06/el-valor-del-paisaje.html>
- Lucas, M., J. Guyonne, M. Ferrer (2009). Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes, Quercus, Fundación Migres y Asociación Eólica Tarifa, Madrid 2009.
- LX Legislatura Cámara de Diputados (2009). Punto de acuerdo por el que se solicita a la titular de la SENER que informe sobre los aerogeneradores instalados en el istmo de Tehuantepec, Oaxaca, a cargo del Diputado Humberto López Lena Cruz, del grupo Parlamentario de Convergencia, México, 10 de febrero.
- Martin-Amoroux, Jean-Marie (2006). ¿Llegó a su término la edad de oro de las energías fósiles?, en Economía Informa, No. 340, mayo-junio: 8-22.
- Martínez Medina, Mayra (2006). El regreso de la energía nuclear, en Energía Hoy, Noviembre, 32: 24-29.
- Martínez Medina, Mayra (2007). Desconcierto legal en renovables, en Energía Hoy, Junio, 39: 36-46
- Mata Lozano, Héctor (2007). Reforma económica y financiamiento del desarrollo en América Latina: el caso de México, Análisis Económico, UAM-Azcapotzalco, Vol. XXII, Núm. 51:313-334 <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41311486016>
- Mecanismo de Tuxtla (2001). Declaración Conjunta de la Cumbre Extraordinaria de los Países Integrantes del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla, 15 de junio, San Salvador: 6 [http://200.33.161.18/documentos/decl\\_1166\\_3\\_14102005.pdf](http://200.33.161.18/documentos/decl_1166_3_14102005.pdf)

- Mentado Contreras, Pedro (2009). El agua se nos escapa con leyes y esquemas administrativos desfasados, en *Energía Hoy*, México, noviembre, 68: 44-53.
- Mentado Contreras, Pedro (2009). Energía alternativa el brazo corporativo que falta en Pemex, en *Energía Hoy*, México, agosto, 65: 42-49.
- Mimiaga Sosa, Fernando (2009). Entrevista sobre el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, realizada por Aime Uranga Alvarado, Ciudad Administrativa, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, Junio.
- Mimiaga Sosa, Fernando (2009b). Corredor eólico del Istmo de Tehuantepec: Proyecto de gran visión, LAWEA Workshop Huatulco, Asociación Latinoamericana de Energía Eólica, México, 26 y 27 de marzo.
- Miranda, Juan Carlos (2010). En 2011 vivirán en la indigencia 72 millones de habitantes de América Latina, en *La Jornada*, México, 1º de diciembre: 31.
- MoneyCafe.com (2009). Prime rate, <http://www.moneycafe.com/library/primerate.htm>
- Morales Barragán, Federico (2002). Desarrollo regional sustentable: una reflexión desde las políticas públicas, en *Revista digital universitaria*, México: 12, <http://revista.unam.mx>
- NEERI (2007). Environmental Impact & Risk Assessment Division, National Environmental Engineering Research Institute, [http://www.neeri.res.in/divisonal\\_details.php?DIV=4](http://www.neeri.res.in/divisonal_details.php?DIV=4)
- NEF (2008). New Energy Finance, <http://www.newenergymatters.com/?k=off>
- Núñez Estrada, Héctor R. (2009). Crisis del financiamiento en México. Papel de los mercados financieros, en *El Cotidiano*, UAM-Azcapotzalco, septiembre-octubre, Vol. 24, Núm. 157, 5-15. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=32512739002>
- OIT (2010). Informe mundial sobre salarios 2010/2011. Políticas salariales en tiempos de crisis, Organización Internacional del Trabajo, Santiago de Chile: 145.
- Öko Institut (2007). Cambiando de rumbo. Contribución a una estrategia energética global, Fundación Heinrich Böll, : 17.
- OMS (2002). Contaminación del aire urbano, estimaciones de la carga mundial de morbilidad causada por riesgos ambientales y profesionales, en *Informe sobre la salud en el mundo*, OMS: 165, <http://www.who.int/whr/2002/es/>
- OPEC (2008). Miembros, <http://www.opec.org/>
- Oswald Spring, Úrsula (2006). El papel de la mujer en la megalópolis y los suburbios marginales. Seguridad humana, de género y ambiental (HUGE) con ordenamiento territorial, cooperación, desarrollo y gestación de resiliencia como respuestas políticas ante el cambio climático y la desertificación, en *Simposio internacional sobre desertificación y migración*, Almería, España, 25-27 de octubre: 22, [http://www.afes-press.de/pdf/Oswald\\_Almeria\\_Oktober.pdf](http://www.afes-press.de/pdf/Oswald_Almeria_Oktober.pdf)
- Oswald Spring, Úrsula (2009). Orígenes del pensamiento sobre paz en Oriente, Occidente y en sociedades indígenas en América Latina, en Úrsula Oswald Spring y Hans Günter Brauch (editores). *Reconceptualizar la seguridad en el siglo XXI*, CRIM, UNAM, México: 101-150.
- Ovalle Favela, José (2007). La nacionalización de las industrias petrolera y eléctrica, en *Boletín mexicano de derecho comparado*, No. 118, enero-abril, 169-191. <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/indice.htm?r=boletin&n=118>
- Pacheco, Hernán F (2009). Análisis Sobre el Mercado Energético Mundial, *EnerDossier*, 3 abr 2009: 26.
- Pardo Abad, Carlos J. (1993). *Las Fuentes de energía*, Síntesis, Madrid, España: 255.
- Parking, Michael y M.A. Sanchez C. (2004). *Economía*, Pearson Education, México: 936.
- Penouil, Marc (1985). Más allá de las estrategias del desarrollo polarizado: el crecimiento generalizado, en Antoni Kuklinski (comp.). *Desarrollo polarizado y políticas regionales*, Fondo de Cultura Económica, traducción Eduardo L. Suárez, México: 17-31.
- Pérez-Rocha, Manuel (2008). La crítica a la ASPAN en Estados Unidos, desde visiones opuestas, Desde la perspectiva xenófoba de los anti inmigrantes a la perspectiva progresista y en favor de la democracia y los derechos humanos, en *Alternativas*, América Latina en Movimiento, Agencia Latinoamericana de Información, año III, No. 33, febrero 18, <http://alainet.org/active/22332&lang=es>
- Pineda Pablos, Nicolás (2007). El concepto de política pública: alcances y limitaciones, Documento de trabajo, Seminario de políticas públicas, 22 de febrero: 27.
- Plan Estatal de Desarrollo del periodo 1998-2004, Gobierno del Estado de Oaxaca, 26 de Abril: 70, <http://www.salud-oaxaca.gob.mx/paginas/informacionsalud/planestatal%20de%20desarrollo.PDF>

- Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010, Gobierno del Estado de Oaxaca, 1º de diciembre de 2004, <http://www.salud-oaxaca.gob.mx/paginas/informacionsalud/PEDS.pdf>
- Plascencia, Carlos (2010). Enseñanzas regionales I, en 3 er. Coloquio Regiones: Construyendo sociedad en el siglo XXI, 12 y 13 de agosto.
- Portador García, Teresa de Jesús (2009). Claroscuros en el futuro energético de América Latina: El corredor eólico en el Istmo oaxaqueño, Maestría en Estudios Latinoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM: 151.
- PPP (2008). Proyectos energéticos, [http://200.33.161.18/proyectos\\_ini.php?iniciativa=5&pagina=0](http://200.33.161.18/proyectos_ini.php?iniciativa=5&pagina=0)
- Presidencia (1999). Iniciativa de reformas a los artículos 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 02-02-1999, <http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/disc/feb99/02feb99-inic.html>
- Presidencia (2008). Electrificación rural con energías renovables, en Programas del Gobierno Federal, Lunes, 28 de Abril de 2008, <http://www.presidencia.gob.mx/programas/?contenido=35239>
- Quintana, Víctor (2010). Enseñanzas regionales I, en 3 er. Coloquio Regiones: Construyendo sociedad en el siglo XXI, 12 y 13 de agosto.
- Ramírez Miranda, César A. (2006). Desarrollismo neoliberal y luchas por el territorio en el Istmo de Tehuantepec: Desafíos para el desarrollo local, en VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, Quito, Ecuador, 24-28 de noviembre: 29.
- Ramírez Miranda, César Adrián (2004). Enfoque regional para el desarrollo rural sustentable (hacia un proyecto democrático de desarrollo para la región Texcoco-Atenco), en María Luisa Quintero Soto (Coord.). Recursos naturales y desarrollo sustentable: Reflexiones en torno a su problemática, Porrúa, LIX Legislatura de la Cámara de Diputados, UNAM, México: 135-160.
- Red Mexicana de Energía (2009). México para al doble el precio del gas natural, en Red Mexicana de Energía, 6 de febrero, <http://www.remexen.org/index.php/Gas-Natural/Mexico-paga-al-doble-el-precio-del-gas-natural.html>
- REDLAR y Alianza de Pueblos del Sur Acreedores de Deuda Ecológica (2008). Informe de caso Parque eólico en el Istmo de Tehuantepec Unión Fenosa y Endesa, en Audiencia sobre políticas neoliberales y transnacionales europeas en América Latina y el Caribe, Tribunal permanente de los pueblos, Lima, Perú, 13-16 de mayo.
- REN21 (2008). Renewables 2007 Global Status Report, Bonn, Alemania, GTZ: 54.
- REN21 (2009). Renewables Global Status Report: 2009 Update, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, París: 32.
- REN21 (2010). Renewables 2010. Global Status Report, REN21 Secretariat, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, París, Francia: 80.
- RENOVALIA (2005). Situación de las energías renovables en España, Ministerio de Educación y Ciencia/CENER/SOCINTEC/Fundación para el fomento de la innovación industrial, Madrid, España, marzo: 273.
- Reyes García, Fernando Enrique (2008). Definición de una estrategia de uso de la energía eólica para generar electricidad en México, Ingeniería eléctrica electrónica, Módulo de eléctrica de potencia, Facultad de Ingeniería, UNAM: 150.
- Rodríguez Padilla, Víctor (2009). Chicontepec error de Estado, en Energía Hoy, México, noviembre, 68: 30-31.
- Rodríguez, Carlos y Antonio San Segundo (2005). Elementos clave para la organización y financiación de los proyectos de suministro de energía en entornos en desarrollo. Mejores prácticas para la sostenibilidad financiera de las intervenciones, en Estudios económicos de desarrollo internacional, enero-junio, vol. 5, núm. 001, Facultad de Económicas, Santiago de Compostela, España: 33-62.
- Russell, Cristine (2008). Climate Change: Now What?, en Columbia journalism review, 17 de julio, [http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/18437/climate\\_change.html?breadcrumb=%2Fexperts%2F944%2Fcristine\\_russell](http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/18437/climate_change.html?breadcrumb=%2Fexperts%2F944%2Fcristine_russell)
- Russell, O. (1975). History of energy resources, en Encyclopaedia Britannica, Chicago, tomo 6: 854.
- SAGARPA (2007). Agricultura, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, INEGI, <http://www.inegi.gob.mx>
- SAGARPA y FIRCO (2007). Una alternativa para el desarrollo rural sustentable, en Claridades agropecuarias, ASERCA/SAGARPA, México, julio: 3-44.
- Saxe-Fernández, John (2006). México-Estados Unidos: seguridad y colonialidad energética, en Nueva Sociedad, No. 204, 25 de junio: 186-199.
- Schaefer, Bettina (2010). La participación de los ciudadanos en la gestión de infraestructuras, en Cuaderno central, Ecoinstitut

Barcelona, Barcelona, España: 57-59.

- Schall, Lawrence y Charles W. Haley (1980). Administración financiera, Mc Graw Hill, México: 866.
- SEMARNAT (2002). "NOM-059-SEMARNAT-2001", en Diario Oficial de la Federación, 6/03/2002, segunda sección: 153.
- SEMARNAT (2004). Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México, LC/MEX/L.644, SEMARNAT/CEPAL, México, Noviembre: 59.
- SENER (2006). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México, México: 35.
- SENER (2007). Balance nacional de energía 2006, Dirección General de Información y Estudios Energéticos, México: 141.
- SENER (2007). Prospectiva del sector eléctrico 2007-2016, Dirección General de Planeación, Secretaría de Energía, México: 189.
- SENER (2007b). Informe de labores 2006, México: 286.
- SENER (2008). Balance Nacional de Energía 2007, SENER, México: 136.
- SENER (2008). Plan de Acción para Asegurar que las Comunidades y/o Beneficiarios Reciban Apropiadamente los Beneficios Sociales. Proyectos de Servicios integrales de Energía para Pequeñas Comunidades Rurales en México, SENER, México: 12. <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=171>
- SENER (2009). Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México: 109.
- SENER (2009b). Balance Nacional de Energía 2008, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México: 140.
- SENER (2009c). Prospectiva del sector eléctrico 2009-2024, SENER, México: 202.
- SENER, Secretaría de Energía, <http://www.sener.gob.mx/>
- SICE (2008). Tratado de Libre Comercio de América del Norte, capítulo VI: Energía y petroquímica básica, en [http://www.sice.oas.org/trade/nafta\\_s/CAP06.asp](http://www.sice.oas.org/trade/nafta_s/CAP06.asp)
- SIE (2008). Electricidad, Sistema de Información Energética, México, <http://sie.energia.gob.mx/>
- SIECA (2008). Secretaría de Integración Económica Centroamericana, [http://www.sieca.org.gt/Sitio\\_publico/RelacionesComercialesExternas/OtrosInformes/tuxtla/CA-MEXICOMARZO04WEB.htm](http://www.sieca.org.gt/Sitio_publico/RelacionesComercialesExternas/OtrosInformes/tuxtla/CA-MEXICOMARZO04WEB.htm)
- Smyser, Connie (1994). Integrate resource planning, energy efficiency and competition, en Eficiencia energética en América Latina. Memorias, AIE, SEMIP y CONAE, Cancún, México, 23-25 de marzo, tomo I: 115-132.
- Soria Murillo, Víctor Manuel (2005). Integración económica y social en las Américas: una evaluación del libre comercio, México, UAM, Programa Universitario de Integración en las Américas, Itaca, P. 204.
- Stattersfield, A., Crosby, M. J., Long, A. J. and Wege, D. C.. (1998). *Endemic Bird Areas of the world: priorities for biodiversity conservation*. Cambridge, UK: BirdLife International.
- Stern, Nicholas (2007). *El informe Stern. La verdad del cambio climático*, traducción Albino Santos y Joan Vilaltella, Barcelona, España, Paidós Ibérica: 389.
- Stiglitz, Joseph (2002). La economía del sector público, trad. Esther Rabasco y Luis Toharia, Barcelona, España: 738.
- Stretton and Lionel Orchard (1994). Public goods, public enterprise, public choice. Theoretical foundations of the contemporary attack on government, St. Martin Press, London, P. 301.
- Subdirección de Programación (2008). Expansión de la red de transmisión en el Istmo de Tehuantepec, CFE, México, 29 de febrero: 28.
- SUSTAINLABOUR (2008). Desarrollando las renovables, renovando el desarrollo. Hacia una energía limpia, segura y justa, Fundación Sustainlabour, Cátedra Universidad-Empresa-Sindicato: Trabajo, Salud y Medio Ambiente, de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España: 121.
- Toledo Manssur, Carlos (2004). El desarrollo sustentable en las regiones marginadas, en María Luisa Quintero Soto (Coord.). Recursos naturales y desarrollo sustentable: Reflexiones en torno a su problemática, Porrúa, LIX Legislatura de la Cámara de Diputados, UNAM, México: 87-95.
- Tonda, Juan (1998). El oro solar y otras fuentes de energía, Colección "La Ciencia para Todos", No. 119, SEP, FCE, CONACYT,

México: 150.

- Torres Roldán, Francisco y Emmanuel Gómez Morales (2006). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México, SENER/GTZ, enero.
- Torres, Atzayaelh (2010). Los Vergeles va viento en popa, en Excelsior, México, 22 de junio: 14.
- Tortosa, Paco (2004). Energía eólica, plan eólico valenciano y paisaje, en El País, 22/03/2004, [http://www.elpais.com/articulo/Comunidad/Valenciana/Energia/eolica/plan/eolico/valenciano/paisaje/elpepiautval/20040322elpval\\_18/Tes/](http://www.elpais.com/articulo/Comunidad/Valenciana/Energia/eolica/plan/eolico/valenciano/paisaje/elpepiautval/20040322elpval_18/Tes/)
- Turner, Kerry R., et.al. (1994). Environmental economics an elementary introduction, Harvester Wheatsheaf, USA: 327.
- UNEP (2010). Tendencias globales en el ámbito de la energía verde en 2009: las nuevas capacidades de producción de energía a partir de fuentes renovables superan nuevamente a los combustibles fósiles en EE.UU. y Europa, París, Francia, 15 de julio: 8.
- UNFCCC (2004). Cuidar el clima: guía de la convención sobre cambio climático y el protocolo de Kyoto, Bonn, Alemania.
- Uranga Favela, Iván (1988). "Proyectos de ahorro de energía", en Memoria del IX Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, septiembre.
- Uranga Favela, Iván (2006). Costo por bombeo de agua (calculado directamente de pozos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México).
- Uranga, Aime (2005). Energías renovables y medio ambiente: México-Unión Europea, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, abril: 184.
- Valladares Valle, Yolanda (2010). Hora de actuar, en ER [Energía Racional], FIDE, México, No.77, octubre-diciembre: 7.
- Valverde, Alicia (2010). México fabricará energía renovable, en Excelsior, 29 de mayo: 8.
- Vannier, León (1968). La práctica de la homeopatía, Porrúa, México: 574.
- Vaquera García, Abelardo (1999). Fiscalidad y medio ambiente, Lex Nova, Valladolid, España.
- Vargas Suárez, Rosío (2007). Estados Unidos y la crisis energética, en Energía a debate, año 4, septiembre-octubre, IV, 22: 27-29.
- Velazquez Valdez, Verónica (2001). Aprovechamiento de la energía eólica en México, Ingeniería eléctrica electrónica, Modulo energía eléctrica, Facultad de Ingeniería, UNAM: 164.
- VESTAS (2004). General specification V90-3.0 MW, VESTAS (9500 10. R1), 2 de marzo: 31.
- VESTAS (2007). Vestas V90-3.0 MW, VESTAS, Barcelona, España, 7 de noviembre: 6.
- Villegas-Patracá, R., M. Equihua, G. Alducin, J. Montejo y A. Mc Andrews (2007). La migración de rapaces y la generación a gran escala de energía eólica en México; impacto potencial en un cuello de botella de una ruta migratoria en el sur de México, Instituto de Ecología AC., Departamento de Ecología Aplicada, Xalapa, Veracruz, México.
- Villegas-Patracá, R.; E. Ruelas; J. Montejo (2006). "Threats posed by man-made structures to raptors and other large, diurnal soaring birds during migration and non-breeding seasons in Mexico", en Wings Without Borders. IV North American Ornithological Conference, 3-7/10/2006, Veracruz, México: 397.
- WB (2006). Project appraisal document on a proposed grant from the Global Environment Trust Fund to the United Mexican States for a Large-Scale Renewable Energy Development Project, Finance, Private Sector and Infrastructure Department Colombia and Mexico Country Management Unit Latin America and the Caribbean Region, Banco Mundial June 8: 175.
- WEC (2007). Deciding the future: energy policy scenarios to 2050. Promoting the energy of the greatest benefit of all, World Energy Council, London, UK: 104.
- Winrock Internacional, Global Energy Concepts, American Wind Energy Association, IIE y Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural A.C. (2003), Información sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de empleos relacionado con el desarrollo de proyectos eoloelectricos en México, USAID/Gobierno del Estado de Oaxaca, Marzo: 68.
- World Public Opinion (2009). Encuesta internacional sobre opinión para que se adopten medidas contra el cambio climático, Programa sobre Actitudes respecto a la Política Internacional (PIPA) de la Universidad de Maryland, BM, No.2010/178/DEC, [www.worldbank.org/wdr2010/climatepoll](http://www.worldbank.org/wdr2010/climatepoll)
- WWI (2008). State of the world 2008. Innovations for a sustainable economy, 25<sup>th</sup> Anniversary Edition, WWI: 322.
- WWI (2009). Copenhagen ends with minimum consensus, not binding treaty, en Dateline: Copenhagen, 24 de diciembre,

<http://blogs.worldwatch.org/datelinecopenhagen/copenhagen-ends-with-minimum-consensus-not-binding-treaty/>

- Zabalgoitia, José Antonio (2002). V Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla, en Las relaciones internacionales de México, entrevista realizada por Gloria Abella Armengol, programa radiofónico transmitido el 25 de julio de 2002, transcripción <http://www.sre.gob.mx/imred/difyext/transcripciones/radio02/zabalg.htm>
- Zambrano, Alba y Gonzalo Bustamante, Mauricio García (2009). Trayectorias organizacionales y empoderamiento comunitario: Un análisis de interfaz en dos localidades de la región de la Araucanía, en Psykhe, Pontificia Universidad Católica de Chile, vol. 18, núm. 2, noviembre: 65-78, <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=96711850005>
- Zenteno Garza Galindo, Eduardo (2008). Información relacionada a los desarrolladores en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, AMDEE (comunicado), octubre 14.
- Zenteno Garza Galindo, Eduardo (2011). La eólica apenas si “pinta” en la matriz energética, en Energía hoy, México, No. 84, marzo: 49-41.
- Zermeño, Sergio (2009). Reconstruir a México en el siglo XXI, estrategias para mejorar la calidad de vida y enfrentar la destrucción del medio ambiente, Océano, México: 298.
- Zuk, Miriam y Verónica Garibay Bravo, Rodolfo Iniestra Gómez, María Tania López Villegas, Leonora Rojas-Bracho e Israel Laguna Monroy (2006). Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. Un estudio de caso en Tuxpan, Veracruz, SEMARNAT/INE, México, octubre: 129.

## Siglas y abreviaturas

\$ o Mx\$	Pesos mexicanos
€	Euro
AA	Áreas Agropecuarias
AAP	Acuerdos de Alcance Parcial
ABT	Acahual de Bosque Tropical
ACV	Análisis del Ciclo de Vida “de la cuna a la tumba”
AIE/IEA	Agencia Internacional de Energía
ALADI	Asociación Latinoamericana de Integración
ANSEAN	Asociación de Naciones del Sudeste Asiático
AOD	ayuda oficial al desarrollo
APPA	Asociación de Productores de Energías Renovables (España)
APPO	Asamblea Popular de los Pueblos de Oaxaca
Art.	Artículo
ASPAN	Asociación para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte
AT	Austria
ATPAE	Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (México)
Aut.	Autoconsumo
AWEA	American Wind Energy Association
BE	Bélgica
BG	Bosque de Galería
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BMZ	Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania
BTC	Bosque Tropical Caducifolio
CAME	Consejo de Ayuda Mutua Económica
CCA	Comisión de Cooperación Ambiental de Norteamérica
CCAN	Consejo de la Competitividad en América del Norte
CDI	Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas
CEE	Comisión Europea de Energía
CEI	Comunidad de Estados Independientes
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CER	Certificado de Reducción de Emisiones
CERTE	Centro Regional de Tecnología Eólica
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH <sub>4</sub>	Metano
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

CNA	Comisión Nacional del Agua
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COCEI	Coordinadora Democrática de Pueblos
COFER	Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables en México
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Hoy Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE))
CONOC	Consejo Nacional de Organizaciones Campesinas, A.C.
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DALY	Disability-adjusted life year (medida que combina años de vida perdidos por muerte prematura y perdidos por carencia de salud).
DE	Alemania
DK	Dinamarca
DOF	Diario Oficial de la Federación
DWIA	Danish Wind Industry Association
EJ	Exajoules
ER	Energías Renovables
ERIGEE	Estudio de retorno a la inversión en generación de energía eléctrica
ERU	unidades de reducción de emisiones
ES	España
ETP BLUE	Escenario moderado de la IEA
EUA	Estados Unidos de América
EWEA	European Wind Energy Agency
FASDER	Fondo de Autofinanciamiento Social de Desarrollo de Energías Renovables
FI	Finlandia
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FMDR	Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural
FR	Francia
FV	Fotovoltaica
GE	General Electric
GEF	Global Environment Facility
GEI	Gases Efecto Invernadero
GNL	gas natural licuado
GR	Grecia
GTEAN	Grupo de Trabajo de Energía para América del Norte
Gubiña XXI	Consejo de Ancianas y Ancianos de Rancho Gubiña
GWEC	Global Wind Energy Council
GWh	Gigawatt hora 10 <sup>9</sup>

GWth	Gigawatt térmico
Ha	Hectárea
HC	Halocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
Hp	Caballo de potencia
I&D	Investigación y Desarrollo
IDH	índice de desarrollo humano
IE	Irlanda
IEH	Iniciativa Energética Hemisférica
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
INECOL	Instituto de Ecología, A.C.
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IT	Italia
JI	Implementación conjunta
Km	kilómetro
Km/h	Kilómetro por hora
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
Km <sup>3</sup>	Kilómetro cúbico
Kw	Kilowatt
kWh	Kilowatt por hora
l/kWh	Litros por kilowatt hora
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
LU	Luxemburgo
LyFC	Compañía Luz y Fuerza del Centro
M	Metro
m/s	Metro por segundo
Mb	Milibares de presión
MBDOE	millones de barriles equivalentes de petróleo por día
MBTU	Miles de British Thermal Units
mdd	Millones de dólares
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
Mm <sup>3</sup>	Miles de metros cúbicos
Mt	Millones de toneladas
Mtoe	Millones de toneladas equivalentes de petróleo
Mton	Miles de toneladas
MW	Megawatt 10 <sup>6</sup>
N <sub>2</sub> O	óxido nitroso
NADBANK	Banco de Desarrollo para América del Norte
NAFIN	Nacional Financiera

NASA	National Aeronautics and Space Administration
NL	Países Bajos
NO	óxido nítrico
NO <sub>2</sub>	dióxido de nitrógeno
NOM-059-SEMARNAT-2001	Norma Oficial Mexicana sobre protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo
Nox	óxidos de nitrógeno
NREL	Laboratorio Nacional de Energía Renovable
NTA	Nueva Temporada Abierta
O&M	Operación y mantenimiento
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
off-shore	Instalaciones eólicas marítimas
OIT	Organización Internacional del Trabajo
on-shore	Instalaciones eólicas en tierra firme
OPEP/OPEC	Organización de Países Exportadores de Petróleo
OPF	Obra Pública Financiada
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PERA	Programa de Energías Renovables para la Agricultura
PERGE	Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala
PETROCARIBE	Alianza petrolera entre Venezuela y países del Caribe (excepto Barbados, Trinidad y Tobago, Haití).
PETROSUR	Alianza estratégica entre las compañías estatales de Brasil (Petrobras), Argentina (Enarsa), Uruguay (ANCAP) y Venezuela (Pdvs).
PFC	Perfluorocarbonos
PI	Proyectos Inmediatos
PIB	Producto Interno Bruto
PIE	Productor Independiente de Energía
PJ	Petajoules=1,000,000,000,000,000 Joules = 10 <sup>15</sup> = 1E+15
PM	Precio Máximo
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PPE	Pequeño Productor de Energía
ppm	Partes por millón
PPP	Plan Puebla Panamá (hoy Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica)
PROCEDE	Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares
PST	Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro va de 0.3 a 10 um) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, <a href="#">cemento</a> o polen.
PT	Portugal
RCB	Relación Costo-Beneficio
REDLAR	Red latinoamericana contra las represas
REN	Red Eléctrica Nacional

RLSPEE	Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
rpm	Revoluciones por minuto
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SE	Suecia
SE	Secretaría de Economía
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SF <sub>6</sub>	hexafluoruro de azufre
SHyCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central
SLP	San Luis Potosí, México
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
TA	Temporada Abierta
TH	Térmica
TIR	Tasa Interna de Retorno
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
Ton t	Tonelada
TWh	Terawatt-hora 10 <sup>12</sup>
UCIZONI	Unión de Comunidades Indígenas de la Zona Norte del Istmo
UE	Unión Europea
UK	Reino Unido
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
US\$ / usd	Dólares de EU
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USDOE	Departamento de Energía de Estados Unidos
USGS	Servicio Geológico de los EUA
VPN	Valor Presente Neto
WEC	Wind Energy Converters
WI	Winrock Internacional

## Índice de tablas

<i>Tabla 1.-Clasificación de las fuentes de energía.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.-Visiones de la transición energética.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3.-Renovables: Indicadores seleccionados 2005-2008.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4.-Costo de tecnologías renovables.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5.- Evolución de los Aerogeneradores 1981-2009.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6.-Top de empresas de manufactura eólica 2006-2009.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7.-Principales operadores eólicos 2006.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 8.-Metas 2012 en energías renovables.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 9.- Apoyos al fomento de las ER en los agronegocios.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 10.-Producción de energía eléctrica 2007.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 11.- Energía eólica en México 2005-2008.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 12.-Potencia (kW) a la Velocidad del viento y Densidad del Aire .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 13.- Proyectos eólicos programados en el Corredor del Istmo de Tehuantepec.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 14.- Adiciones en infraestructura.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 15.- Capacidad Instalada y Generación de Electricidad PIE y CFE.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 16.-Características de los contratos de alquiler de tierras en el Istmo*.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 17.- Descripción general de impactos de una central eólica.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 18.- ACV de la producción eléctrica en España y su impacto ambiental.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 19.- Vestas V90-3.0 MW: materiales.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 20.- Peso de los componentes del aerogenerador.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 21.-Materiales empleados en el parque eólico de 300MW*.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 22.- Consumo de materiales por cada kWh generado.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 23.-Consumo de energía (MJ/kWh producido).....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 24.-Emisiones de contaminantes lanzadas al aire y al agua (g/kWh).....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 25.-Factores de Emisión Termoeléctricas en México.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 26.- Emisiones contaminantes Termoeléctricas.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 27.-Emisión de contaminantes en la generación eléctrica en México 2007 (ton).....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 28.- Impacto Económico en la Salud por Energía Termoeléctrica México por Sector 2007 (miles \$US).....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 29.- Costo anual en salud por contaminación eléctrica en México 2007.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 30.- Eficiencia en los sistemas de generación eléctrica .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 31.-Superficie requerida por unidad de potencia instalada (m<sup>2</sup>/MW).....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 32.- Datos de operación de plantas eléctricas por cada MW de potencia instalado.....</i>	<i>113</i>

<i>Tabla 33.- Costo por bombeo de agua .....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 34- Tasa PRIME 1999-2009.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 35.- Costos de Generación Eléctrica por Tecnología (\$USD/kWh).....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 36.-Precio promedio del combustible y su impacto en el costo del kWh Eléctrico o “Precio ERIGEE” .....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 37.-Precios spot del petróleo crudo y combustóleo (dólares por barril) .....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 38.- Precios del carbón (dólares por tonelada).....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 39.- Precios del gas natural y licuado (\$US/MBTU).....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 40.- Crecimiento del salario mínimo .....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 41.-Análisis de préstamo (Sistema Francés).....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 42.-Análisis de sensibilidad del término amortizativo (miles US\$).....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 43.- Análisis de sensibilidad de intereses totales devengados (miles US\$).....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 44.-Esquema de aportación anual al FASDER de \$0.01Mx por kWhC.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 45.-Datos económico-financieros de un aerogenerador de 3MW=3000kW.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 46.-Medidas de estímulo a la formación de una industria eólica local.....</i>	<i>170</i>

## Índice gráficas

<i>Gráfica 1.-Suministro energético mundial 1980 - 2030 .....</i>	<i>20</i>
<i>Gráfica 2.-Impactos clave por el incremento de la temperatura global.....</i>	<i>27</i>
<i>Gráfica 3.-Porcentaje de emisiones mundiales de CO2 por combustible.....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfica 4.-Suministro energético primario mundial.....</i>	<i>33</i>
<i>Gráfica 5.- Crecimiento acumulado de la potencia eólica instalada 1990-2008 (GW).....</i>	<i>42</i>
<i>Gráfica 6.-Capacidad eólica onshore y offshore.....</i>	<i>43</i>
<i>Gráfica 7.-ETP BLUE: Evolución de los costos de investigación 2010-2050.....</i>	<i>45</i>
<i>Gráfica 8.-Cadena de valor.....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfica 9.- Costos y apoyo a la energía eólica en la Unión Europea.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfica 10.-Potencia de salida vs. Velocidad del viento.....</i>	<i>74</i>
<i>Gráfica 11.-Teorema de Betz (E/Ee vs. Vs/Ve).....</i>	<i>74</i>
<i>Gráfica 12.-Consumo de Agua en Termoeléctricas.....</i>	<i>110</i>
<i>Gráfica 13.- ERIGEE eoloeléctrica: Variación del VPN en relación a las tasas de interés, inflación e incremento de la electricidad.....</i>	<i>124</i>
<i>Gráfica 14.- ERIGEE termoeléctrica: Variación del VPN en relación a las tasas de interés, inflación e incremento de la electricidad.....</i>	<i>128</i>
<i>Gráfica 15.- Correlación de los precios ERIGEE (\$US/kWh) y del combustible (\$US/MBTU).....</i>	<i>130</i>

<i>Gráfica 16.- ERIGEE termoeléctrica: Variación del VPN en relación al precio de combustible (\$US/kWh).....</i>	<i>131</i>
<i>Gráfica 17.-Índice de Desarrollo Humano por municipio.....</i>	<i>139</i>
<i>Gráfica 18.- Indicadores del Índice de Marginación por localidad (%).....</i>	<i>140</i>
<i>Gráfica 19.- Fuentes de financiamiento en México del sector empresarial (% PIB).....</i>	<i>154</i>

## Índice mapas

<i>Mapa 1.-México: Zonas con recursos eólicos.....</i>	<i>70</i>
<i>Mapa 2.- Principales recursos eólicos en Oaxaca.....</i>	<i>73</i>
<i>Mapa 3.- Área de influencia de la Iniciativa Mesoamericana de Interconexión Energética.....</i>	<i>77</i>

## Índice cuadros

<i>Cuadro 1.- Características del aerogenerador Vestas V90-3MW.....</i>	<i>103</i>
<i>Cuadro 2.- ACV de un parque de 300 MW y de cada aerogenerador.....</i>	<i>106</i>
<i>Cuadro 3.- Eficiencia en la producción eólica marítima y terrestre.....</i>	<i>111</i>
<i>Cuadro 4.- Precisiones sobre el consumo y costo de agua.....</i>	<i>119</i>

## Índice ilustraciones

<i>Ilustración 1.-Comparación micro-eólica y generación a gran escala.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 2.- Componentes mecánico-eléctricos de un aerogenerador.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 3.- ACV de las tecnologías de generación eléctrica eólica y térmica (combustóleo, gas y carbón).....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 4.-ERIGEE Eólica: Datos de Entrada*.....</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 5.-ERIGEE.- RESUMEN DE RESULTADOS.....</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 6.-ERIGEE: Resultados anuales de la inversión en generación eólica.....</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 7.-ERIGEE eoloeléctrica: Escenarios de inversión .....</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 8.- Escenarios de inversión en generación termoeléctrica.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 9.- Diagrama y descripción del proceso de germinación del FASDER.....</i>	<i>164</i>
<i>Ilustración 10.- Esquema FASDER.....</i>	<i>166</i>