



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA-SISTEMAS ENÉRGÉTICOS.

BALANCE DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO
(1992-2015)

MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
DAYNIER ESCALANTE PÉREZ

TUTOR
DR. VÍCTOR RODRÍGUEZ PADILLA
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD DE MÉXICO, JULIO DE 2018



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 ASIGNADO:

Presidente: Dra. María Azucena Escobedo Izquierdo

Secretario: Dra. Alejandra Castro González

Vocal: Dr. Víctor Rodríguez Padilla

1^{er.} Suplente: Dr. Pablo Álvarez Watkins

2^{do.} Suplente: M. I. Judith Catalina Navarro Gómez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad de México

TUTOR DE TESIS:

Dr. Víctor Rodríguez Padilla

FIRMA

*A mis padres
por la incondicionalidad para alcanzar mis metas.*

*A Alina
por ser mi apoyo cuando más lo necesito.*

*A la Facultad de Ingeniería de la UNAM y CONACYT
por darme la oportunidad de realizar esta maestría.*

*A mi familia y amigos
por ser mi inspiración diaria.*

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Víctor Rodríguez Padilla por la asistencia brindada desde el inicio y acogerme como tutor.

A Alina, por su dedicación y apoyo incondicional en la realización y revisión de esta investigación.

A mis compañeros cubanos que estudian acá en México.

A Juan Luis Francois, por su orientación como coordinador del posgrado.

A profesores y personal administrativo de la facultad de Ingeniería de la UNAM por la ayuda brindada en estos dos años.

A los sinodales que dieron desde el inicio su aprobación como tribunal.

A todas las personas que de una forma u otra se han preocupado por la realización de la tesis.

RESUMEN

El desarrollo de la energía eólica en México no ha estado a la altura de la transición energética que ha emprendido el país, fundamentalmente por la oposición social que se vive en las comunidades. La investigación realizada consta de dos partes. Una primera, donde se trata el aprovechamiento de la energía eólica a partir de aspectos generales como técnicos, económicos, sociales y ambientales. La segunda se centra en la energía eólica en México y la deficiencia en los problemas de gobernanza. A partir del análisis realizado se determina que la estabilidad en los rendimientos de la eólica la convierten en fuente de energía confiable, con la disminución del costo de producción y el aumento de la eficiencia en la generación. Aunque existen impactos negativos por la implementación de parques en lugares de interés ecológico, no hay evidencias de la existencia de un documento metodológico que permita la medición de estos. Existe un problema de gobernanza en el país, mientras que el estado no tenga la autoridad suficiente de poder convencer a las comunidades de la necesidad de estos proyectos y que las compañías no sean lo más transparentes posibles en sus negociaciones, la oposición social siempre va a impedir el desarrollo de la energía eólica pues los inconvenientes del desarrollo de estos proyectos eólicos no son técnicos, económicos ni ambientales, sino sociales.

ABSTRACT

The development of wind energy in Mexico has not been up to the energy transition that the country has undertaken, mainly because of the social opposition that exists in the communities. The research consists of two parts. The first one deals with the use of wind energy from general aspects such as technical, economic, social and environmental. The second focuses on wind energy in Mexico and the deficiency in governance problems. Based on the analysis carried out, it is determined that the stability in the yields of the wind energy turn it into a reliable source of energy, with the decrease of the cost of production and the increase of the efficiency in the generation. Although there are negative impacts due to the implementation of wind farms in places of ecological interest, there is not evidence of the existence of a methodological document that allows the measurement of these. There is a problem of governance in the country, as long as the state does not have sufficient authority to convince the communities of the need for these projects and that the companies are not as transparent as possible in their negotiations, the social opposition always goes to prevent the development of wind energy because the drawbacks of the development of these wind projects are not technical, economic or environmental, but social.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PRIMERA PARTE	
APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA	6
1. DIMENSIÓN TÉCNICA	7
1.1. FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA	7
1.2. LA ENERGÍA DEL VIENTO	9
1.3. AEROGENERADORES	11
1.4. LOS PARQUES EÓLICOS	16
1.5. AVANCES TECNOLÓGICOS	19
2. DIMENSIÓN ECONÓMICA	21
2.1. COSTOS DE UN PARQUE EÓLICO	21
2.2. COSTOS DE GENERACIÓN	23
2.3. COSTOS DE TRANSMISIÓN	25
2.4. COSTOS DE INVERSIÓN	26
3. DIMENSIÓN SOCIAL	28
3.1. LICENCIA SOCIAL PARA OPERAR	28
3.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA	31
3.3. ESTUDIOS DE IMPACTO SOCIAL	33
4. DIMENSIÓN AMBIENTAL	35
4.1. IMPACTOS POSITIVOS	36
4.2. IMPACTOS NEGATIVOS	38
4.2.1. Alteraciones en el paisaje	38
4.2.2. Emisiones sonoras	39
4.2.3. Efectos sobre la avifauna	40
CONCLUSIONES DE LA PRIMERA PARTE	44

SEGUNDA PARTE

ENERGIA EÓLICA Y RESISTENCIAS 45

5. LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO..... 46

 5.1. CONTEXTO INTERNACIONAL 46

 5.2. SITUACIÓN ACTUAL EN MÉXICO 50

 5.3. PERSPECTIVAS HACIA 2030..... 56

6. OBSTÁCULOS Y RESISTENCIA..... 59

 6.1. EL ISTMO DE TEHUANTEPEC 59

 6.1.1. Caracterización de la zona..... 59

 6.1.2. Una historia tormentosa 61

 6.2. CONFLICTO DE DERECHOS 66

 6.2.1. Derechos de las compañías..... 67

 6.2.2. Derechos de las comunidades 70

 6.3. TIPOLOGÍA DE CONFLICTOS 72

 6.3.1. Por iniquidad en los contratos 72

 6.3.2. Por despojo de las tierras..... 75

 6.3.3. Por falta de consulta..... 77

 6.3.4. Por las medidas agresivas de las compañías 81

 6.3.5. Por los impactos ambientales 85

 6.3.6. Por ausencia o colusión de las autoridades con los inversionistas 86

 6.4. ELEMENTOS PARA UNA NUEVA GOBERNANZA..... 88

CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA PARTE..... 92

CONCLUSION 94

BIBLIOGRAFÍA 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes y componentes de un aerogenerador ya instalado. Fuente: (Moreno, 2016).....	13
Figura 2. Parques eólicos. En tierra: Bélgica. En mar: Copenhague. Fuente: (Proenergiza, 2007).....	18
Figura 3. Capacidad y adiciones anuales mundiales de la energía eólica Fuente: (REN21, 2017).	47
Figura 4. Países líderes en capacidad y adiciones de energía eólica (2016). Fuente: (REN21, 2017).	47
Figura 5. Capacidad instalada y generación bruta de centrales eólicas, 2005- 2015 (MW, GWh). Fuente: (Secretaría de Energía, 2016).	52
Figura 6. Capacidad instalada y generación bruta de centrales eólicas por área de control, 2015. Fuente: (Secretaría de Energía, 2016).	53
Figura 7. Capacidad prevista de Energía Eólica en México. Prospectiva 2018 y 2020. Fuente: http://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico	55
Figura 8. Evolución de las adicciones de capacidad, capacidad a instalar y generación eoloeléctrica 2017-2031. Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).	57
Figura 9. Participación en la capacidad adicional por tipo de tecnología, 2017-2031. (Porcentaje). Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).	57
Figura 10. Capacidad instalada de generación eléctrica por tecnologías. 2031 (Porcentaje). Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).	58
Figura 11. Región del Istmo de Tehuantepec. Tomado de: https://pagina3.mx/2015/08/llega-a-11-radiacion-solar-en-el-istmo-es-extremadamente-alta/	60

INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles integran tres temas globales preponderantes, la seguridad energética, el desarrollo económico y el cambio climático. Alcanzar el abastecimiento de energía para el presente y el futuro, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles, es un objetivo a cumplir a largo plazo. La economía crece motivada por el aumento industrial y éste a su vez se relaciona directamente con el consumo de energía el cual en su mayor proporción depende actualmente de los combustibles fósiles que no son compatibles con el cambio climático (Chichilnisky, 2008).

El desafío entonces requiere de respuestas que favorezcan la preferencia por tecnologías más limpias mediante incentivos adecuados desde la etapa de evaluación de las inversiones, a la par de lograr una significativa reducción de costos de dichas tecnologías mediante su masificación y a través de la promoción de investigación y financiamientos adecuados que permitan el desarrollo sostenible en las distintas naciones (Ruiz, 2007).

Actualmente son varias las tecnologías que se están implementando para aprovechar las fuentes de energía renovable y con grandes aplicaciones tanto a nivel residencial como industrial. A nivel global, la energía renovable con mayor impulso es la eólica, la cual ha reducido sus precios notablemente mientras su eficiencia se incrementa (Unidad de Planeación Minero Energética, 2015).

Ante los efectos negativos del cambio climático global y el ocaso del petróleo convencional, la generación de energía eólica es la más vendida en el ámbito internacional por potencia instalada (MW) y por energía generada porque: reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); reemplaza los usos energéticos de los combustibles fósiles, en particular del petróleo; suministra energía eléctrica a comunidades rurales y marginadas y garantiza la seguridad energética de los países ante la volatilidad de los precios del petróleo. De esta manera, la energía eólica es la de mayor crecimiento mundial en términos de capacidad eléctrica instalada, con 194.4 GW acumulados en 2010 y cerca de 62 %

de la inversión global en energías renovables durante el mismo año (Secretaría de Gobernación, 2013).

Unas de las ventajas de la energía eólica es que: habrá viento hasta que el sol se extinga o la atmósfera desaparezca; es energía limpia, sin emisión de gases de efecto invernadero; el impacto ambiental es pequeño: poco ruido, la muerte de aves es mínimo que la producida por líneas de corriente, casas o coches, el impacto en la fauna es menor si se tiene en cuenta la reducción de emisiones que involucra; proporciona diversificación rural y empleo local, es fácil de integrar en redes de potencia eléctrica ya existentes; el diseño de aerogeneradores es flexible y con aplicaciones diversas; el coste de producción ha bajado más de un 80 % en dos décadas, entre otras (Universidad de Castilla-La Mancha , 2012).

Según la Ley General de Cambio Climático publicada el 6 de junio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación (DOF), México deberá reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en 30 % para el año 2020 y en 50 % para 2050, y así cumplir con las disposiciones acordadas en la Organización de las Naciones Unidas (ONU). El país se autoimpuso con la reforma energética aprobada en 2013 lograr que el 35 % de la energía generada a nivel nacional proceda de fuentes renovables hacia el 2024, pudiendo arribar a ese objetivo incrementando la participación de centrales eólicas (Diario Oficial de la Federación , 2012).

Es por ello que la energía eólica representa una opción viable dado el gran potencial con el que cuenta México. Sin embargo, la falta de estudios previos de impacto social y ambiental ha ocasionado barreras locales para nuevos proyectos, con el riesgo de extrapolarse a nivel nacional. Esta situación requiere inmediatez por parte de las diferentes instituciones correspondientes y como tema prioritario en la agenda pública, con la intención de lograr soluciones justas e incluyentes (Secretaría de Gobernación, 2013).

A pesar de los beneficios ambientales que pueda tener la energía eólica, aún no existe suficiente información y conocimiento para determinar con claridad sus ventajas y desventajas en diferentes escalas espaciales y temporales. Éste es el

caso de los impactos sociales y ambientales por la construcción de parques eólicos terrestres a gran escala, por ejemplo, en el Istmo de Tehuantepec.

Desde hace más de veinte años, el Istmo de Tehuantepec, principal sitio de operación de parques eólicos en México debido a su elevado potencial eólico y considerado como uno de los mejores en el mundo, ha captado el interés de las empresas eléctricas privadas para su aprovechamiento. Este beneficio se ha acompañado de los cambios legales que han permitido a éstas instalar el mayor desarrollo de energía renovable en el país. Sin embargo, es necesario que se tomen en cuenta las implicaciones sociales de la instalación de un megaproyecto eólico, como el caso del istmo oaxaqueño, que han sido esquivadas (Secretaría de Gobernación, 2013).

Entre los principales impactos destacan: el conflicto por la propiedad de la tierra donde se ubica el recurso eólico, la degradación de la calidad del paisaje, la pérdida de biodiversidad, la generación de ruido mecánico y aerodinámico, entre otros. El problema central es que los estudios oficiales de impacto ambiental de parques eólicos, elaborados para determinar su viabilidad ambiental, ignoran la complejidad y los riesgos que trae consigo el reciente uso de estas tecnologías.

La producción de energía eólica ha registrado un crecimiento significativo durante los últimos años, pero todavía persisten barreras jurídicas, políticas, sociales y económicas que dificultan su uso (Secretaría de Gobernación, 2013). A pesar de ello, su crecimiento sostenido continuará en las siguientes décadas, así como el aumento en las inversiones, en la creación de empleo, en la reducción de costos y la mejora tecnológica, y que se trata de una de las fuentes más amigables para generar electricidad. Las comunidades son presentadas en los proyectos como beneficiadas por el desarrollo de los parques ya que reciben ingresos por la contratación de sus tierras, pero la realidad es otra.

Por todo lo anteriormente descrito es que se propone las siguientes Preguntas de investigación: ¿Cómo ha sido el desarrollo de la energía eólica en México? ¿Qué factores la han impulsado? ¿Qué factores la han retrasado? ¿Qué se espera en el futuro?

El Objeto de estudio se centra en el balance de aprovechamiento de la energía eólica en México entre 1992 y 2015. El Campo de acción está en función de clasificar los factores que han impulsado y retrasado el desarrollo de la energía eólica en el país.

El Objetivo General consiste en: realizar un balance del aprovechamiento de la energía eólica en México donde se identifiquen los factores que han impulsado y retrasado el proceso eólico en el país.

Se tienen como Tareas de investigación:

- Analizar las diferentes dimensiones de la energía eólica: técnica, económica, social y ambiental.
- Identificar los avances de la energía eólica en el mundo y en México en los últimos años, así como de las causas de los impedimentos para su desarrollo.
- Analizar las causas de la oposición por parte de los movimientos a los megaproyectos eólicos.

La novedad de esa investigación radica en que compendia los estudios que se han realizado sobre el aprovechamiento de la energía eólica en México desde el inicio de sus proyectos, resaltando las diferentes dimensiones de esta energía, logrando identificar a fondo los impactos negativos que la han retrasado.

Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron los siguientes métodos y técnicas:

Del nivel teórico

- El método histórico-lógico: para conocer la evolución y desarrollo de los proyectos de energía eólica, determinar los factores positivos y negativos que la han llevado a ser la segunda energía renovable en el país.
- El método analítico-sintético: en la determinación de los fundamentos teóricos de la investigación, en la identificación de las ventajas y problemas que ha tenido la energía eólica y en la determinación de conclusiones finales.

- El método inductivo-deductivo: en la determinación de los aspectos positivos y negativos en el balance de la energía eólica así como sus potencialidades, limitaciones y características de las principales categorías conceptuales empleadas.

Del nivel empírico:

- Análisis documental: en el estudio de todos los documentos, informes, entrevistas, noticias, participación en ponencias y conferencias magistrales sobre el tema.

La tesis está estructurada en dos partes. La primera aborda las características de la energía eólica y su aprovechamiento para generar electricidad. Consta de cuatro apartados que focalizan sobre los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales de los proyectos eólicos. La segunda parte está dedicada al análisis de la gobernanza de la energía eólica, aspecto clave para superar la oposición social de las comunidades que albergan los proyectos y aceleran el aprovechamiento de esa fuente de energía en beneficio de todo el país.

PRIMERA PARTE

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA

Aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales

1. DIMENSIÓN TÉCNICA

La energía obtenida del viento, es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano. Algunas de las ventajas son que: no emite sustancias tóxicas ni contaminantes al aire perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano, no genera residuos ni contamina el agua, tiene una de las huellas de consumo de agua más bajas, lo que la convierte en clave para la preservación de los recursos hídricos (Acciona, 2015). Este capítulo responde a las siguientes preguntas: ¿Cuánta energía se puede captar del viento? ¿Qué es un aerogenerador? ¿Bajo qué principio físico trabaja? ¿Dónde conviene ubicar estos artefactos?

1.1. Fuentes renovables de energía

El origen etimológico de la palabra energía se deriva o proviene del término griego *energeia* cuyo significado es actividad u operación. El término griego *energos* significa fuerza de acción. La idea de energía es la capacidad que posee una persona o máquina para producir trabajo, transformar o poner algo en movimiento. La Real Academia de la Lengua Española define a energía como “la eficacia, poder, virtud. Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios” (Diccionario actual, 2017)

Según Diccionario actual (2017), las fuentes de energía se clasifican en renovables o no renovables. Las fuentes no renovables son las que tienen un carácter limitado en el tiempo, cuanto más se consumen el proceso de agotamiento está más cercano y no existe un proceso de renovación, estas son los combustibles fósiles y la energía nuclear. Su incidencia sobre el medioambiente es de manera negativa, entre otras cosas, por las emisiones y residuos emitidos. Actualmente el 80 % de la energía consumida en el mundo es no renovable debido al modelo energético implantado sobre todo a partir de la revolución industrial.

Las renovables son las fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la enorme cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse de una manera natural o artificial, como por ejemplo la solar, la geotérmica, la

hidráulica, la biomasa, la mareomotriz y la eólica. Son fuentes limpias que tienen un impacto medioambiental menor que las no renovables. Algunas de las características de destacadas por Energía renovable (2018) son:

- Energía solar

Trasforma los rayos del sol en electricidad. Lo hace de forma directa usando energía fotovoltaica o de forma indirecta a través de energía solar concentrada, estos sistemas usan lentes o paneles solares que acumulan la energía del sol. La energía fotovoltaica usa los paneles solares y materiales semiconductores, de esta forma convierte la luz solar en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico.

- Energía geotérmica

Es la energía de la Tierra y el calor que proviene del subsuelo. La temperatura aumenta en las profundidades de la tierra. En algunas áreas, la diferencia térmica entre las capas superficial y subterránea es mayor y puede explotarse para calentar y crear una circulación natural de líquidos. El poder de esta energía se observa en los volcanes o los geiseres. El vapor de agua al pasar por una turbina conectada a un generador produce electricidad.

- Energía hidráulica

Aprovecha la energía de la caída del agua desde cierta altura, convirtiéndose en energía cinética. El agua a gran velocidad mueve las turbinas y a través de generadores se transforma en electricidad. Las centrales situadas abajo de las presas o a lo largo de los ríos transforman el movimiento del agua en electricidad y son la principal fuente de energía renovable en el mundo.

- Biomasa

Son recursos orgánicos (biológicos) que pueden usarse como combustibles y/o combustibles. Por ejemplo, los desechos del procesamiento agroalimentario se pueden usar como materia prima para producir energía térmica (calor) a través de la combustión. Algunas sustancias orgánicas (por ejemplo, azúcar, cereales, aceites, etc.) se pueden transformar en biocombustibles.

- Energía de los océanos

La más conocida es la de las mareas, aunque también se trabaja en la energía de las olas y la de los gradientes de temperatura entre el fondo y superficie del océano. La energía de las mareas aprovecha las diferencias de altura entre la altura media de los mares según la posición relativa de la tierra y la luna. Se usa un alternador para generar energía eléctrica

- Energía eólica

Es generada por el viento, por el movimiento continuo de las masas de aire. Se puede transformar directamente en energía mecánica (a través de molinos de viento) e indirectamente en electricidad (turbinas eólicas). Es una de las fuentes de energía renovables más antiguas. Durante milenios ha sido la única fuente de energía para la navegación marítima a largas distancias. Se transforma en electricidad mediante turbinas de viento. Al girar las láminas de las turbinas, conectadas a un generador, se produce electricidad.

1.2. La energía del viento

El Sol irradia una energía de $174,423 \cdot 10^9 \text{ kWh}$ a la Tierra, que no llega de una manera uniforme, sino que calienta las zonas próximas al Ecuador más que las zonas polares. En la atmósfera el aire caliente es mucho más ligero que el aire frío, por lo que se eleva hasta una altura de aproximadamente de 10 km, para posteriormente orientarse dirección norte y sur en el hemisferio norte. De esta manera, las corrientes de aire frío se desplazan por debajo de las corrientes de aire caliente.

Asimismo, las masas de aire se mueven en un sistema rotatorio que sigue una trayectoria circular debido a la rotación de la Tierra (en sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur). Paralelamente, debido a la diferente velocidad de cambio de temperatura del aire en zonas de agua y zonas de continente, se establecen diferencias de presión, que influyen en la formación de corrientes de aire. El viento no es más que las corrientes de aire que se forman al intentar compensarse la presión del aire en

diferentes regiones. Aproximadamente el 1 ó 2 % de la energía que se recibe del Sol se transforman en energía eólica.

La energía eólica es la energía cinética de las partículas de aire que se mueven con una velocidad v . Una superficie circular de radio r , perpendicular a la dirección del viento, es atravesado durante un tiempo t por la siguiente masa de aire:

$$m = \rho V = \rho \cdot Avt = \rho \cdot \pi r^2 vt$$

Por lo tanto, la energía cinética del aire es:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{\pi}{2} \rho r^2 t \cdot v^3$$

$$P_{Wind} = \frac{E_{kin}}{t} = \frac{\pi}{2} \rho r^2 \cdot v^3$$

La potencia del viento permite un primer límite para la potencia de un aerogenerador. Para calcularla, se evalúa la energía cinética (E_c) de la masa del aire (m) que atraviesa, por unidad de tiempo, la sección de barridas de las palas (A):

$$Potencia = \frac{Trabajo}{t} = \frac{E_c}{t} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{t}$$

Como la masa del aire que atraviesa el área A en un tiempo t es $m = \rho Ad$ y $d = vt$ (donde v es la velocidad del viento) se tiene que:

$$Potencia = \frac{\frac{1}{2}(\rho Ad)v^2}{t} = \frac{\frac{1}{2}(\rho Avt)v^2}{t} = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

La potencia eólica depende del cubo de la velocidad del aire, por lo tanto, la velocidad es el factor más importante a la hora de calcular la energía eólica (Universidad de Castilla-La Mancha , 2012).

En los sistemas de medición, la densidad del aire juega un papel muy importante. Ésta presenta grandes variaciones a diferentes alturas y a diferentes temperaturas. La diferencia de densidad de aire entre -10 y $+30$ °C es de 0.177 kg/m^3 .

La densidad es:

$$\rho = \frac{p}{R \cdot T}$$

en $\frac{kg}{m^3}$; donde p es la presión de aire, R la constante de los gases y T la temperatura en Kelvin (Ammonit, 2017).

La energía eólica se mide en Kilowatios hora (kWh) o Megawatios hora (MWh), junto con la unidad de tiempo durante la que se ha hecho la medida (hora, día, mes,...) (Acciona, 2016).

1.3. Aerogeneradores

El aprovechamiento de la energía eólica no es nuevo. Desde el principio de los tiempos, los hombres utilizaban los molinos de viento para moler cereales o bombear agua. La referencia más antigua que se tiene es un molino de viento que fue usado para hacer funcionar un órgano en el siglo I (DC). Los primeros molinos de uso práctico fueron construidos en Sistán, Afganistán, en el siglo VII. Estos fueron molinos de eje vertical con hojas rectangulares. Aparatos hechos de 6 a 8 velas de molino cubiertos con telas fueron usados para moler cereales o extraer agua.

En Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra y se distribuyeron por todo el continente. Eran unas estructuras de madera, conocidas como torres de molino, que se hacían girar a mano alrededor de un poste central para levantar sus aspas al viento. El molino de torre se desarrolló en Francia a lo largo del siglo XIV y consistía en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y la maquinaria superior del mismo (OPEXenergy, 2017).

Con la llegada de la electricidad a finales del siglo XIX, los primeros aerogeneradores se basaron en la forma y el funcionamiento de los molinos de viento (Ver Cuadro 1.1). En la década de los años 70 del siglo XX la crisis del petróleo provocó un cambio en la manera de pensar del hombre. El interés por las energías alternativas se incrementó. Los aerogeneradores de aquella época eran

demasiado caros y el elevado precio de la energía que se obtenía a través de los mismos era un argumento para estar en contra de su construcción. Debido a esto, los gobiernos internacionales promovieron la energía eólica en forma de programas de investigación y de subvenciones, la mayoría de las mismas aportadas por los gobiernos (Ammonit, 2017).

Cuadro 1.1 Cronología de los pioneros de la energía eólica (evolución tecnológica del aerogenerador) (Ammonit, 2017):

Charles F. Brush (1849-1929) fue uno de los fundadores de la compañía eléctrica americana. En el verano de 1887-88 construyó una máquina considerada actualmente como el primer aerogenerador para generador de electricidad. Las dimensiones eran para aquella época enormes: diámetro de rotor de 17 metros y 144 hojas de rotor de madera de cedro. Estuvo en funcionamiento durante 20 años, durante los cuales alimentó una batería colocada en su sótano. A pesar de las dimensiones del rotor, la potencia del aerogenerador era solamente de 12 kW.

Poul la Cour (1846-1908), meteorólogo danés, se le considera el padre de la energía eólica moderna. Sus primeros aerogeneradores comerciales se instalaron después de la primera guerra mundial, como consecuencia de la escasez de combustibles. Fundó la primera academia de energía eólica, de donde salieron los primeros ingenieros especializados. Paralelamente fundó el primer periódico exclusivo con esta temática.

Albert Betz (1885-1968) fue un físico alemán que en su etapa de director del instituto aerodinámico en Göttingen formuló la ley Betz, que establecía el máximo valor que se puede aprovechar de la energía cinética del viento (59.3 %). Su teoría sobre la formación de las alas todavía sirve de fundamento para la construcción de aerogeneradores.

Palmer Cosslett Putnam (1910-1986), ingeniero americano, desarrolló en 1941 el aerogenerador Smith Putman de 1.25MW. Este aerogenerador trabajó hasta 1945 sin interrupciones hasta que un fallo en el material hizo que dejase de funcionar. En aquella época no existían materiales en el mercado aptos para este objetivo.

Ulrich W Hüttner (1910-1990), ingeniero alemán que desarrolló un aerogenerador StGW-34 en el año 1957 considerado la primera piedra de la tecnología eólica moderna.

Johannes Juul (1887-1969), ingeniero danés y estudiante de *Poul la Cour* que construyó en 1957 el primer aerogenerador para corriente alterna de 200 kW, en Dinamarca. Es el predecesor de los aerogeneradores actuales.

Un aerogenerador es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica (Figura 1). Las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto según su tecnología, a una velocidad constante o bien a velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia. Tiene una vida media superior a 25 años, aunque la rápida evolución de esta tecnología ha propiciado el aumento de su durabilidad (PWC, 2017).

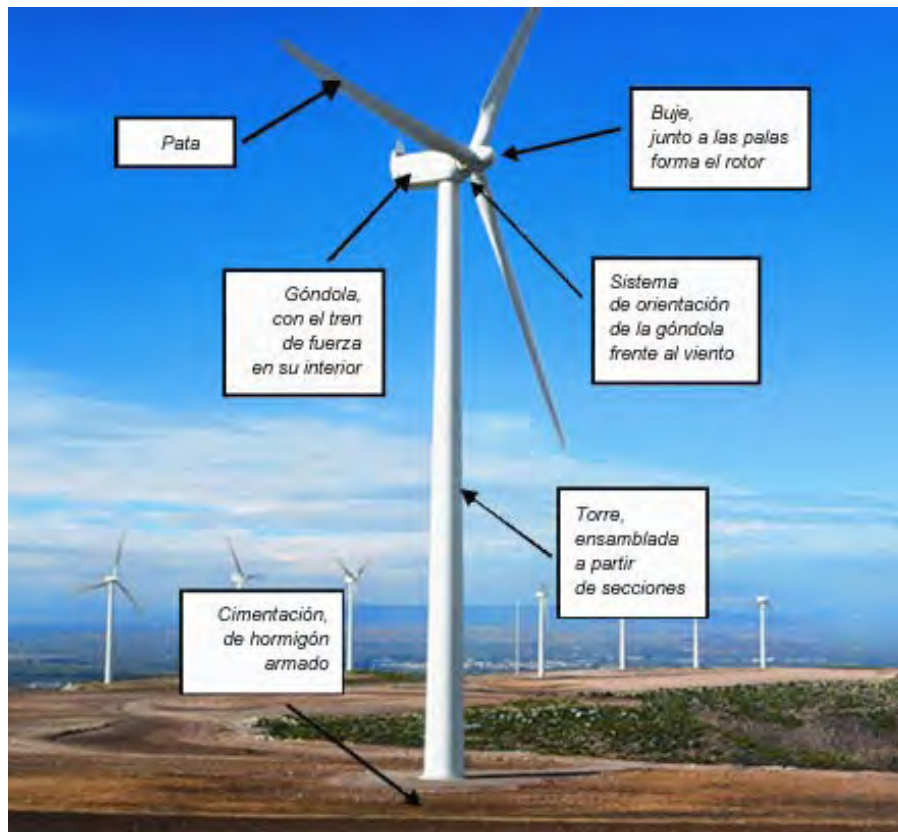


Figura 1. Partes y componentes de un aerogenerador ya instalado. Fuente: (Moreno, 2016).

Existen diferentes tipos de turbinas eólicas, y entre ellas las de eje horizontal son las más empleadas. El diseño más frecuente encontrado es el de tres palas con caja multiplicadora, sistema de control por pérdida aerodinámica (*stall*) o de paso variable (el más común), operando a velocidad cercanamente constante. Existen otros diseños, como el de conexión directa o sin caja multiplicadora (*gearless*), y con generador de velocidad variable (Moreno, 2016).

Aunque tenga un buen diseño, el aerogenerador puede tener un funcionamiento incorrecto o llegar a destruirse si no se desarrolla un sistema de control adecuado. El sistema de control debe ser diferente en función del tamaño del aerogenerador. Para pequeñas máquinas, el control es simple y normalmente pasivo, por el contrario para grandes máquinas (de media y alta potencia) donde el sistema de control es más complicado debido a los múltiples parámetros a medir y el aumento de precisión requerido. Este debe estar siempre situado en dirección en donde la velocidad del viento sea mayor y perpendicular a esta. Existen diversos métodos, el más utilizado actualmente es orientar mediante un servomotor (Agencia Insular de Energía de Tenerife , 2016).

La Agencia Insular de Energía de Tenerife (2016) destaca que la mayoría de los aerogeneradores actuales son de velocidad constante: la velocidad de giro de su rotor debe permanecer casi invariable a pesar de la variación de la velocidad del viento. Además, algún dispositivo debe limitar la potencia y proteger al aerogenerador de sobreesfuerzos en caso de fuertes vientos. Estas funciones las asume el sistema de regulación de velocidad. Los métodos de regulación de velocidad se pueden clasificar en dos grupos: métodos basados en palas fijas y los basados en palas orientables.

Pocos sistemas eólicos tienen un sistema de regulación de velocidad orientable mediante el cual el ángulo de paso está cambiando constantemente, la mayoría de los sistemas consideran a las palas fijas en un ancho margen de viento. Estos métodos tienen múltiples ventajas: ayudan a arrancar el rotor, posicionan el ángulo de ataque de la pala de forma que esté en el punto de operación óptimo, efectúan el control de vueltas para que no se sobrecargue el generador y protegen a todo el sistema frente a daños debidos a una alta velocidad del viento.

Desde el punto de vista de la potencia existen dos apartados: uno es la conexión del generador a la red cuando las vueltas del mismo están a velocidad de sincronismo. Esta condición se da cuando no hay exceso de par y la potencia ni entra ni sale del generador. La otra es el control de velocidad del rotor; así no existe sobrepotencia en el generador y no se causan daños en el sistema de

generación. El sensor electrónico que conecta el generador correctamente diferirá para sistemas en alterna y en continua.

Los generadores de corriente continua tienen una potencia de salida muy pequeña a baja velocidad. Por ello, la conexión correcta se hará cuando las vueltas del rotor sean adecuadas para generar algo de potencia, ya que el pequeño pero suficiente flujo remanente puede ser la causa de un imprevisto traqueteo del rotor cuando se efectúa la conexión eléctrica. La sensibilidad en el punto de conexión en velocidad es mucho mayor en sistemas de corriente alterna que en los de corriente continua, no sólo por la naturaleza del sistema anterior, sino por la necesidad de algún control de frecuencia en la potencia generada (Agencia Insular de Energía de Tenerife , 2016).

La Agencia Insular de Energía de Tenerife (2016) también refiere que la energía capturada en un aerogenerador va a depender de la curva de potencia del mismo. Por ello se deberá elegir aquel cuya potencia máxima se consiga a una velocidad lo más cercana posible a la media del emplazamiento. La utilización de rotores de mayor tamaño significa para una misma velocidad de viento y potencia, capturar una mayor energía. La altura de la torre, que vendrá condicionada por el tamaño del rotor, influirá notablemente en la producción energética. En relación a la distancia entre aerogeneradores, es frecuente encontrar separaciones entre rotores comprendidas entre 1.5 y 3 veces su diámetro. La distancia entre turbinas dependerá de la disponibilidad del terreno y las direcciones predominantes de viento.

Los criterios básicos de selección del tipo de aerogeneradores se pueden resumir en los siguientes:

- ✓ Rango de potencias máximas.
- ✓ Tipo de paso (fijo o variable).
- ✓ Tipo de generadores (síncronos o asíncronos).
- ✓ Velocidad nominal.
- ✓ Fiabilidad de la máquina.
- ✓ Posición del eje (vertical u horizontal).

- ✓ Diámetro del rotor.
- ✓ Altura al eje del rotor (altura de la torre).

La definición del punto de entrega de la energía y las características de la interconexión, la capacidad de la línea existente para transportar la nueva energía suministrada, la tensión de cortocircuito en el punto de entronque, entre otras, son datos de vital importancia que deben conocerse antes de considerar la realización del proyecto, ya que en algunos casos pueden incluso condicionar la viabilidad del mismo.

Cuando se trata de conectar una gran instalación eólica, tipo parque eólico de gran dimensión (con varios MW de potencia instalada), se precisarán dos niveles de transformación. El primero elevará la tensión de salida de los aerogeneradores hasta la tensión de distribución interna de la instalación (media tensión) al agrupar para cada transformador varios aerogeneradores. El segundo nivel centralizará en una subestación cercana las líneas de distribución internas de media tensión elevándola, en dicha subestación, de media a alta tensión. La energía eléctrica generada por la instalación ya transformada a la tensión de transporte será enviada a una subestación más alejada que controle y gestione la distribución convencional de energía eléctrica por parte de la compañía eléctrica (Agencia Insular de Energía de Tenerife , 2016).

1.4. Los parques eólicos

Un parque eólico es una agrupación de aerogeneradores que transforman la energía eólica en energía eléctrica. El número de aerogeneradores que componen un parque es muy variable, y depende fundamentalmente de la superficie disponible y de las características del viento en el emplazamiento. Antes de montar un parque eólico se estudia el viento en el emplazamiento elegido durante un tiempo que suele ser superior a un año. Para ello se instalan veletas y anemómetros. Con los datos recogidos se traza una rosa de los vientos que indica las direcciones predominantes del viento y su velocidad. Los parques eólicos proporcionan diferente cantidad de energía dependiendo de las diferencias sobre diseño, situación de las turbinas, y por el hecho de que los antiguos diseños de

turbinas eran menos eficientes y capaces de adaptarse a los cambios de dirección y velocidad del viento (Proenergiza, 2007).

La localización de un parque eólico en una zona determinada viene condicionada por:

- ✓ Localización de las mejores zonas de viento. Esta selección será en función de las velocidades medias de los lugares en estudio de los cuales se tienen datos.
- ✓ Uso actual de la tierra en las zonas seleccionadas en base al punto anterior.
- ✓ Eliminación de las zonas inadecuadas por su orografía y meteorología adversa.
- ✓ Reglamentación existente en dichos lugares y permisos legales necesarios.
- ✓ Proximidad de las vías de comunicación y las líneas de transporte eléctrico.
- ✓ Aceptación pública del proyecto.
- ✓ Magnitud del impacto medioambiental.

Con el análisis de estos parámetros y en función del peso que se le dé a cada uno de ellos en la decisión final se elegirá una zona determinada (Agencia Insular de Energía de Tenerife , 2016).

La topografía del terreno, en el que se pretende instalar un parque eólico, es determinante a la hora de situar los aerogeneradores o para la realización de la infraestructura eléctrica y civil. Algunos aspectos a tener en cuenta son:

- ✓ El efecto de la rugosidad del terreno y los cambios de la misma.
- ✓ El efecto de los obstáculos y del relieve.
- ✓ La interferencia entre aerogeneradores combinada con la variación de la dirección del viento predominante.

Un terreno llano con rugosidad superficial uniforme es el tipo de terreno idóneo para colocar las máquinas. En el caso de que no haya obstáculos (como por ejemplo edificios, árboles o colinas), la velocidad del viento a una altura dada es aproximadamente la misma sobre toda el área. Para incrementar la potencia

disponible en terreno uniforme se levantará la máquina a la mayor altura posible desde el nivel del suelo (Agencia Insular de Energía de Tenerife , 2016).

Los parques eólicos pueden ser instalados en tierra (terrestres u *onshore*), o en el mar (marítimo, fuera de costa u *offshore*) (Figura 2). La mayor parte de la capacidad instalada en parques eólicos es dominada por los terrestres, aunque el mercado de los parques marítimos está creciendo con rapidez (Moreno, 2016).



Figura 2. Parques eólicos. En tierra: Bélgica. En mar: Copenhague. Fuente: (Proenergiza, 2007).

Los parques eólicos marítimos o fuera de costa han sido centro de atención durante décadas. Las áreas marinas de escasa profundidad costa afuera contienen un recurso eólico colosal y no muy difícil de aprovechar. Tales razonamientos llegaron a proponer el primer parque eólico *offshore* en los años 70 del pasado siglo. El primero aerogenerador apropiado para parques de este tipo fue una máquina de 220 kW, instalada en 1991, a 250 m de la costa de Suecia en el mar Báltico y en aguas de 7 m de profundidad. El primer parque eólico costa afuera fue instalado en 1991, en aguas de 3 a 5 m de profundidad, a 1.5 km de la costa de Dinamarca, cerca de la ciudad de Vindeby. Consta de 11 máquinas de 450 kW, fijadas al fondo por cimentaciones de gravedad (que se mantiene en posición solo por su propio peso) (Moreno, 2017).

1.5. Avances tecnológicos

Durante los últimos años, los avances en tecnología eólica se han centrado en la sofisticación de los aerogeneradores para hacerlos más adaptables a diferentes condiciones meteorológicas y aumentar su productividad. También se han tenido en cuenta aspectos de diseño para facilitar su montaje y hacerlos más accesibles para su mantenimiento (Asociación Eólica de Catalunya, 2016).

Algunas mejoras de equipo han aumentado la captura de energía de las turbinas y han hecho su operación más eficiente, como por ejemplo: las torres son más altas, los diámetros y las cuchillas del rotor son más largos, los reductores, generadores y cojinetes son más fiables, los sensores incorporados son más eficaces para medir y registrar datos y los tamaños y las clasificaciones de potencia de salida han aumentado (Ammonit, 2017).

Uno de los aspectos para aumentar la potencia de los aerogeneradores es incrementar la magnitud de las palas, como por ejemplo una de 200 metros de largo podría hacer posible la creación de turbinas de 50 MW, lo que supondría un aumento sustancial en comparación con la potencia actual que se sitúa aproximadamente en 8 MW en palas de hasta 84 metros de largo. La ampliación del tamaño de las palas tiene un motivo claramente económico, ya que cuanto más diámetro tiene el rotor más energía puede generar un aerogenerador, es decir, cuanto más largas sean las palas más se reducirá el coste de la electricidad.

Otro de los aspectos que se pretenden mejorar es el aprovechamiento de viento medio y bajo en zonas donde las condiciones no son óptimas para el desarrollo de la energía eólica. Las palas, de peso reducido en comparación con los modelos convencionales, como el tren de potencia, estarían optimizados para generar la máxima energía en condiciones de vientos poco favorables, con buenos resultados en cuanto a la rentabilidad y también en cuanto a la reducción del precio nivelado de la energía. Además, en los nuevos diseños se busca una mejor accesibilidad a los componentes clave, como el acceso a la estación meteorológica desde el interior de la góndola (Asociación Eólica de Catalunya, 2016).

Con los procesos estandarizados y los controles de flujo de trabajo, las empresas han reportado un aumento promedio del 35 % en las eficiencias y una reducción significativa de errores y duplicación. Muchas organizaciones que realizan una migración de datos toman el paso de actualizar su software para utilizar los beneficios del repositorio central. El mantenimiento de registros está centralizado en un formato consistente, aumentando la eficiencia en el desarrollo y operación de parques eólicos.

La base de datos centralizada, los procesos estandarizados y la tecnología móvil mejoran y agilizan el mantenimiento e inspecciones de torres de reunión y aerogeneradores. Los administradores de proyectos pueden programar inspecciones y las notificaciones automáticas pueden ser emitidas a los equipos de trabajo de la empresa por dispositivos móviles. Cada tripulación lleva a cabo la inspección, recupera los datos de la turbina en dispositivos móviles, carga los resultados de la inspección y realiza cualquier trabajo necesario para mantener adecuadamente la turbina. La tripulación puede actualizar la base de datos con el registro de la inspección, informando sobre el trabajo realizado (Liggett, 2014).

Expertos internacionales del clima y el medio ambiente han llegado a la conclusión de que la tierra se calienta y los recursos se acaban. Debido a esto, las centrales eléctricas de los 60 y 70 van a tener que reemplazarse, todo esto con una situación política y económica diferente a la de entonces. Ya no se puede seguir ignorando los problemas medioambientales. Las grandes potencias parecen darse cuenta y la cantidad de partículas de CO₂ emitidas se reducen. La probabilidad de que las energías renovables sigan su proceso de ascenso es cada vez mayor, por lo que el sector de la energía eólica tiene su futuro asegurado (Ammonit, 2017).

2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

La introducción de las fuentes renovables de energía en la diversificación de la matriz energética de un país juega un rol importante dado el incremento de la demanda energética cada vez mayor. La eólica es una de las tecnologías energéticas renovables más económicas en lo que se refiere al costo del kWh producido. En sitios bien seleccionados, el kWh eólico es más bajo que el kWh fósil en muchos países. No obstante, el alto costo inicial de un parque eólico constituye una barrera para su aplicación y difusión, principalmente en los países menos desarrollados (Moreno, 2016). En este capítulo se abordan la cuestión de los costos que se requieren para aprovechar la energía del viento.

2.1. Costos de un parque eólico

Aproximadamente el 76 % del costo de la energía de una turbina eólica está relacionada, con la turbina, las bases, el equipo eléctrico, y el cableado eléctrico. Por razones lógicas, las fluctuaciones del costo del combustible no afectan los costos de generación, por lo tanto, una turbina eólica representa un capital importante comparado con las tecnologías convencionales de combustibles fósiles. Uno de los más significantes beneficios de la energía eólica es que no utiliza combustibles, por lo tanto, el costo total de producción a lo largo de los 20 a 25 años de vida de una turbina puede ser estimado con bastante exactitud. Ningún precio futuro del carbón, petróleo, gas o uranio afectará el costo de la producción de energía eólica, sólo se necesita hacer predicciones sobre el desarrollo futuro y la capacidad instalada.

La renta de la tierra no debe ser considerada como un costo en términos socioeconómicos, sino como una transferencia de ingresos, es decir, como una redistribución de las utilidades, dado que por razones lógicas, la renta puede ser solamente ganada si las utilidades en ese terreno en particular exceden los beneficios normales requeridos por un inversionista para llevar a cabo el proyecto. De esta manera, cuando se calcula el costo de la electricidad generada por el viento, no es correcto incluir la renta de la tierra en los costos socioeconómicos,

sino que debe ser considerada parte de las utilidades del proyecto (Secretaría de Gobernación, 2013).

Aunque el viento local es el factor más importante para determinar el costo de la energía eléctrica, para que un proyecto sea eficiente en costos, cada turbina debe ser posicionada de manera muy cuidadosa (mientras mejor posicionada esté la turbina, mayores serán los beneficios obtenidos), por lo que los obstáculos directos (árboles, edificios), el paisaje en general y la orografía también tiene un papel importante en la determinación de la velocidad del viento. La orografía (la variedad de curvaturas de la superficie de la tierra) es esencial, por ejemplo, las turbinas colocadas en montañas producirán más energía que aquellas colocadas en valles o en terrenos rugosos. Las turbinas colocadas en el mar o cercanas a él producirán más energía que aquellas colocadas en tierra. Por lo tanto, el valor de la tierra también depende de la calidad de la misma (Secretaría de Gobernación, 2013).

Según la Secretaría de Gobernación (2013), existen dos factores fundamentales para determinar la viabilidad de un parque eólico: el aprovechamiento y emplazamiento, así como los costos totales de una planta eólica. Los requisitos fundamentales para un emplazamiento son:

- ✓ Más de 2,000 horas de producción eólica equivalente a potencia máxima (horas equivalentes).
- ✓ Respeto a la avifauna del entorno, estableciendo si es preciso un paso para aves migratorias entre grupos de aerogeneradores.
- ✓ Lejanía de más de un kilómetro de núcleos urbanos para evitar la contaminación acústica de los parques eólicos.
- ✓ La energía eólica debe estar instalada en suelo no urbanizable, generalmente.
- ✓ No interferencia con señales electromagnéticas del entorno, ya que las señales de televisión, radio o telefonía se pueden ver perjudicadas si no se instalan dispositivos que lo eviten.

Respecto a los costos de un parque eólico, los elementos básicos para determinarlos son los siguientes:

- ✓ Costos directos de inversión, principalmente de las turbinas.
- ✓ Costos de instalación de las turbinas.
- ✓ Costos de capital (tasa de descuento).
- ✓ Costos de operación y mantenimiento.
- ✓ Otros costos de desarrollo y planeación.
- ✓ Vida de las turbinas.
- ✓ Producción de electricidad y pérdidas de energía.

Los costos de la potencia instalada varían en dependencia del país y el proyecto, según los costos de las turbinas, de las condiciones del sitio de instalación, del grado de madurez de la industria eólica local y del desarrollo de la economía del país donde está siendo ejecutado, en lo cual influye la mano de obra y el grado de satisfacción de las necesidades tecnológicas requeridas (Moreno, 2016).

2.2. Costos de generación

El costo de generación de electricidad de un parque eólico viene dado por la suma de todos los costos del parque eólico a lo largo de su vida útil, que incluyen los flujos financieros cada año. En este análisis, los costos principales son los de inversión, los de operación y mantenimiento, y la producción anual de electricidad esperada. Además de estos, se suman los costos de los terrenos, gestión, administración, seguros, impuestos y los costos financieros. La producción anual de electricidad es muy sensible a la velocidad media anual del viento, de aquí la importancia de realizar una evaluación cuidadosa del potencial eólico de los emplazamientos planificados, y de utilizar torres a la mayor altura posible, lo que está limitado por el costo de la torre según la altura (Moreno, 2016).

Los precios de las turbinas eólicas fluctúan con los ciclos económicos y los precios de los materiales, tales como el acero y el cobre, los cuales son una parte importante del costo de las turbinas. Entre el 2000 y 2002, los precios de las turbinas para parques terrestres en Estados Unidos tuvieron precios bajos, alrededor 750 USD/kW, para aumentar en el 2008 a 1,500 USD/kW. Este

incremento fue debido al aumento del costo de materiales como el acero y cemento. En el año 2015 los precios de las turbinas en China fueron de 676 USD/kW y en Estados Unidos entre 931 y 1174 USD/kW. A partir de estos altos costos, en el 2008 y 2009, los precios de las turbinas eólicas han decrecido. Se estima que los proyectos del 2016 gastaron entre 950 y 1240 USD/kW, en dependencia del tamaño del proyecto (Moreno, 2017).

Los valores dados son estimados. La estructura real del costo de un aerogenerador, está condicionada por las características del sitio de instalación, su distancia a la red eléctrica, accesibilidad, necesidad y complejidad de la infraestructura y otros factores logísticos. Según Moreno (2017), los costos de los componentes expresados en tanto por ciento son:

- ✓ La torre, 26.3 %, en el rango de altura desde 40 hasta 100 m, se fabrican usualmente en secciones con plantas de acero roladas. Una torre de celosía o de concreto son opciones más económicas.
- ✓ El rotor, 22.2 %, varía de longitud hasta más de 60 m. las palas son fabricadas en moldes con diseños especiales de materiales compuestos.
- ✓ El buje, 1.37 %, se fabrica de hierro fundido. El asegura las palas en la posición de diseño y además le permite rotar si está concebida la rotación de las palas.
- ✓ Los rodamientos, 1.22 %, algunos de estos rodamientos tienen que resistir las cargas y fuerzas variables generadas por el viento.
- ✓ El eje principal, 1.91 %, transfiere la fuerza rotacional proveniente del rotor a la caja multiplicadora.
- ✓ El bastidor, 2.80 %, se hace de acero y debe ser lo suficientemente robusto para soportar todo el tren de fuerza de la turbina y a la vez no ser tan pesado.
- ✓ La caja multiplicadora, 12.91 %, aumenta la baja velocidad de rotación del eje del rotor a través de varias etapas hasta la alta velocidad que necesita para trabajar el generador.
- ✓ El generador, 3.44 %, convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Se emplea tantos generadores sincrónicos como asincrónicos.

- ✓ El sistema de orientación o alineación, 1.25 %, es el mecanismo que rota la góndola para que esta se oriente de frente en la dirección del viento.
- ✓ El sistema de cambio de paso, 2.66 %, ajusta el ángulo de las palas para que estos aprovechen mejor el viento incidente sobre ellos.
- ✓ El convertidor de potencia, 5.01 %, convierte la corriente directa del generador en corriente alterna para ser alimentada a la red eléctrica.
- ✓ El transformador, 3.59 %, convierte la electricidad proveniente de la turbina a una tensión mayor requerida por la red eléctrica.
- ✓ El sistema de frenado, 1.32 %, son discos de frenos que provocan la parada de turbina cuando se necesita.
- ✓ La carcasa de la góndola, 1.35 %, cubre y protege el tren de fuerza de la turbina. Debe ser lo más ligera posible y se fabrica el material compuesto combinado con fibra de vidrio.
- ✓ Los cables, 0.96 %, conectan las turbinas eólicas aisladas del parque.
- ✓ La tornillería, 1.04 %, fija las componentes principales de la turbina y debe ser concebida para resistir las cargas extremas.

En el 2015 la energía eólica oscilaba entre 1,200 a 1,700 USD/kW instalado. Para el 2020 se espera que el costo de generación sea más competitivo cuando se alcance una capacidad instalada a nivel global superior a 650 GW. En los últimos años por la alta demanda del uso de esta energía se ha llevado a que existan limitaciones en cuanto a su producción y por ende aumentos de hasta 20 % en los precios de los equipos (Dinero, 2015).

2.3. Costos de transmisión

Las redes europeas generalmente son enmalladas, lo que implica que un aumento de capacidad de generación conlleva una inversión en transmisión menor que en un sistema lineal. En Estados Unidos, los estudios indican costos de inversión en transmisión para la incorporación de energía eólica del orden de 500 USD/kW (Mills, Wiser, & Porter, 2009).

Moreno (2016) destaca que los costos de conexión a la red dependen, entre otros factores, de si el parque va a ser conectado a una red de transmisión o de

distribución. En el primer caso, los costos se incrementan debido a la tecnología de la transformación. Si la red eléctrica no está muy alejada del parque eólico, la conexión usual es la de corriente alterna de alta tensión. Si las distancias son mayores de 50 km, se estima que emplear corriente directa de alto voltaje es la solución más económica. Los costos de conexión a la red varían de un país a otro.

2.4. Costos de inversión

En el 2016, la energía eólica se mantenía como el principal sector de la energía limpia en América Latina y el Caribe, atrayendo 15,500 millones de dólares en inversión, según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Martínez, 2016). Moreno (2016) destaca que los costos de inversión más importantes en el proyecto de un parque eólico terrestre y su participación en el costo total pueden ser de la siguiente forma:

- Costos de estudios de viabilidad: < 2 %. Incluyen el estudio del recurso eólico, análisis del emplazamiento, diseño inicial, estudio de impacto ambiental, estudio de rentabilidad y gestión de proyecto, entre otros gastos iniciales.
- Costos de equipamiento (aerogenerador): 65 – 84 %. Incluyen los de producción de la turbina y equipos auxiliares, y la transportación hasta el sitio de emplazamiento e instalación.
- Costos de obra civil: 4 – 16 %. Incluyen la transportación interna dentro del emplazamiento de la turbina y la torre, la construcción de la cimentación y carreteras, y otros costos relacionados con la infraestructura necesaria para la instalación y puesta en marcha de las turbinas.
- Costos de conexión a la red: 9 - 14 %. Incluyen el cableado, las subestaciones y las líneas eléctricas necesarias.
- Otros costos de inversión: 4 – 10 %. Por ejemplo, costos financieros durante la construcción, ingeniería, permisos legales y de uso del terreno, licencias, consultas, seguros y, además, los sistemas de monitoreo.

La mayor parte de los gastos de un proyecto eólico ocurren en sus comienzos y deben ser pagados también en sus inicios. Debido a esto la compra de los equipos

tiene que recibir un financiamiento. El comprador u autor debe pagar cierto valor por adelantado (10-20 %) y pedir prestado el resto. La fuente de este préstamo puede ser el Banco o un inversionista. En cualquier caso el prestamista esperará por el pago en otro momento. En el caso del Banco, el retorno del dinero prestado está relacionado con la tasa de interés, que a lo largo del proyecto, el interés acumulado puede resultar una gran cantidad en el costo total (Moreno, 2017).

Ren21 (2016) describe que en los parques eólicos terrestres los costos se mueven entre 11 y 14 % del costo total de inversión, mientras que Roca (2014) apunta que los aerogeneradores en un parque eólico marino suponen el 35 % del coste total.

Desde 2009, los precios de las turbinas han caído un 26 %, al tiempo que el coste de la energía eólica se ha reducido un 66 % (Palomo, 2017). Además de esto, se encuentran los avances que se han conseguido en los últimos años en incrementar la potencia que desarrolla cada aerogenerador (Alonso, 2016).

En cuanto a un parque eólico marino, según Bloomberg (2017), el precio de la construcción en toda Europa ha caído 46 % desde el 2012. La instalación de turbinas en el fondo del mar ahora cuesta un promedio de 126 USD por casa MW/h de capacidad. En Dinamarca, la compañía sueca productora de energía eléctrica “Vattenfall AB” acordó suministrar electricidad con turbinas instaladas en el Mar del Norte a 64 USD por MW/h en 2020, aunque subastas holandesas y alemanas ofrecen “amplias posibilidades” de ganarle a ese precio bajo récord.

3. DIMENSIÓN SOCIAL

La construcción y operación de parques eólicos es fuente de conflictos entre las empresas eléctricas y las comunidades indígenas y campesinas que albergan los proyectos. ¿Cuál es la causa de la oposición social si la energía eólica ofrece grandes ventajas para el país en su conjunto? ¿En qué consiste la aceptabilidad social? ¿Qué es la licencia social para operar? ¿Cómo se obtiene? ¿Qué es la responsabilidad social corporativa? Son algunas de las preguntas que se responden en este capítulo.

3.1. Licencia social para operar

Licencia Social para Operar (LSO) es aquella que “otorga” una comunidad a un proyecto (empresarial o sin fines de lucro) que se realiza en sus inmediaciones. La LSO está íntimamente ligada con las creencias y percepciones locales respecto a la organización y al plan que se lleve a cabo, por lo que es intangible y puede cambiar con el tiempo. Cada vez más, empresas aceptan que pueden perder su licencia social si no internalizan la sustentabilidad en todas sus acciones, y el reto es definir estándares mínimos que un negocio debe tener para continuar su operación y su crecimiento. Algunos de estos estándares pueden legislarse, pero también es importante que se conviertan en una norma social (Evia, 2014).

La licencia social es dinámica y no permanente, porque las creencias, opiniones y percepciones seguramente van a cambiar a medida que se adquiera nueva información. Ha sido definida como existente cuando un proyecto cuenta con la aprobación continua dentro de la comunidad local y otros grupos de interés, aprobación continua o amplia aceptación social, y con más frecuencia como aceptación continua. En ciertas ocasiones, puede trascender la mera aprobación cuando una parte considerable de la comunidad y otros grupos de interés incorporan el proyecto en sus identidades colectivas. A este nivel de relación es común que los integrantes de la comunidad se transformen en promotores o defensores del proyecto, ya que se consideran copropietarios y están emocionalmente involucrados en el futuro del proyecto.

Los componentes normativos de la licencia social incluyen las percepciones de la comunidad y grupos de interés¹ acerca de la legitimidad social y credibilidad del proyecto, y la presencia o ausencia de auténtica confianza. Estos elementos se adquieren de forma secuencial y son acumulativos en la construcción de la licencia social. El proyecto debe ser considerado como legítimo antes de que la credibilidad tenga algún valor, y ambos deben estar presentes para que se pueda desarrollar auténtica confianza (SocialLicence.com, 2017).

Las dificultades se manifiestan con más frecuencia cuando las compañías son incapaces u omisas en hacer esfuerzo en detectar atención y recursos para que las cosas salgan bien. Los problemas más comunes son los siguientes:

- La compañía percibe la obtención de una licencia social en términos de una serie de tareas o transacciones (en realidad, hacer un trato), mientras que la comunidad otorga la licencia basándose en la calidad de la relación (un desacuerdo cultural que puede llevar al fracaso).
- La compañía confunde
 - ✓ Aceptación con aprobación.
 - ✓ Cooperación con confianza.
 - ✓ Credibilidad técnica con credibilidad social.
- La compañía
 - ✓ No logra conocer a la comunidad (perfil social) y las “reglas del juego” locales, y por lo tanto es incapaz de establecer legitimidad social.
 - ✓ Retrasa o retarda el compromiso con los grupos de interés.
 - ✓ No dedica tiempo suficiente para el establecimiento de relaciones.
 - ✓ Perjudica su propia credibilidad cuando no da información confiable o, más comúnmente, no cumple con las promesas hechas a la comunidad.
 - ✓ No respeta o escucha a la comunidad.
 - ✓ Subestima el tiempo y esfuerzo para obtener la aceptación.

¹Se refiere a grupos de interés a los grupos y organizaciones que son afectados por la operación o que pueden afectar a la misma.

- ✓ Sobreestima (o, peor aún, asume) la calidad de la relación con la comunidad.

Para conservar una LSO, las compañías deben cumplir sus promesas y compromisos, responder a las inquietudes y solicitudes de la comunidad, asegurar que todas las partes involucradas reciban y comprendan cabalmente la información, ser responsables ante la comunidad durante todas las etapas del ciclo de los proyectos y no participar en comportamientos deshonestos o irresponsables. Los acuerdos formales por escrito pueden ayudar a las compañías a ganar la confianza de las comunidades locales y a establecer expectativas realistas, pero debe quedar claro que nunca deberá subestimarse una LSO, y que la confianza de la sociedad no depende de ningún documento (Nelsen, 2006).

Joyce (2013) describe que la medición de la LSO es una herramienta de gestión para la evaluación y planificación. Aplicando técnicas de Psicología Social, es posible usar indicadores clave para medir: Legitimidad Económica, Legitimidad Socio-Política, Capital Social, Contrato Social y Confianza Institucional. Con estos aportes se pueden medir la calidad de LSO en un sitio, comparar y contrastar la situación entre sitios, monitorear y rastrear cambios en la fortaleza de la LSO a lo largo del tiempo e identificar los factores que llevan al mejoramiento o empeoramiento en la calidad de la LSO.

Las compañías, con mucha frecuencia, sobreestiman la calidad de su LSO. El conflicto en el sector energético está generado por la falta de consideración adecuada de los afectados, la falta de entendimiento de las condiciones, afectando la voluntad de apoyar a tal proyecto, así como a la distribución desigual de los costos y beneficios. Uno de los errores operacionales de las empresas están en socavar su propia credibilidad, en comprender que la LSO es un compromiso (Joyce, 2013).

La falta de una LSO ocasiona un incremento en los costos de los proyectos y, a su vez, un aumento en la tasa de interés para financiamiento. Esto podría comprometer la capacidad de la compañía para conseguir financiamiento y disminuye también las ganancias de los accionistas. Por tanto, las empresas

necesitan, tanto desde el punto de vista financiero como operativo, que sus proyectos se desarrollen sin interrupciones; por ello, la LSO puede ser considerada como una forma de seguro. Varias organizaciones internacionales e industriales reconocen ampliamente en sus directrices y recomendaciones la importancia de obtener y conservar una LSO (Nelsen, 2006).

3.2. Responsabilidad Social Corporativa

La Responsabilidad Social Corporativa (RSC) o Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es un concepto que tiene, en dependencia de su contexto, varias acepciones. El Observatorio de la RSC (2017) se refiere a esta como *“una forma de dirigir a las empresas, basando la gestión en los impactos que su actividad genera a sus clientes, empleados, accionistas, comunidades locales, medioambiente y sociedad en general”*. Es una herramienta que sirve para reducir el impacto negativo de las empresas sobre la sociedad. Los 5 principios que rigen la RSC son:

1. Cumplimiento de la legislación

La RSC implica el cumplimiento obligatorio de la legislación nacional vigente y especialmente de las normas internacionales en vigor (Organización Internacional del Trabajo (OIT), Declaración Universal de los Derechos Humanos, Normas de Naciones Unidas sobre Responsabilidades de las Empresas Transnacionales y otras Empresas Comerciales en la esfera de los Derechos Humanos, Líneas Directrices de la OCDE para Empresas Multinacionales).

2. Carácter Global y transversal

La RSC afecta a todas las áreas de negocio de la empresa y de sus participadas, así como a todas las áreas geográficas en donde desarrollen su actividad. De igual modo, afecta a toda la cadena de valor asociada a la actividad, prestación del servicio o producción del bien.

3. Ética y coherencia

La RSC comporta compromisos éticos objetivos que se convierten de esta manera en obligación para quien los contrae. Debe existir coherencia entre los compromisos públicos adquiridos con las estrategias y decisiones de negocio, pues en otro caso se convertirá en una mera gestión de la reputación.

4. Gestión de impactos

La RSC se manifiesta en los impactos que genera la actividad empresarial en el ámbito social, medioambiental y económico. Para su gestión es imprescindible identificar, prevenir y atenuar las posibles consecuencias adversas que se pudieran producir.

5. Satisfacción de expectativas y necesidades

La RSC se orienta a la satisfacción e información de las expectativas y necesidades de los grupos de interés. Deben generarse procesos que integren las preocupaciones sociales, medioambientales y éticas de los mismos en las operaciones empresariales y en la estrategia, de manera que se genere valor no solo para los accionistas sino para todos los grupos de interés y la sociedad.

Olmos (2015) señala que los intereses detrás de los parques eólicos son muy grandes. Detrás de cada proyecto existe una amplia lista de firmas interesadas en aprovechar la apertura y desestructuración del sector eléctrico nacional y su empresa paraestatal, al generar su propia energía pero aprovechar la infraestructura pública de la CFE, en áreas tan diversas como:

- Alimentos.
- Bebidas sin alcohol.
- Bebidas con alcohol y cervezas.
- Restaurantes.
- Productoras de envases metálicos y otros insumos para la industria de bebidas embotelladas.

- Productoras de envases o empaques de plástico o vidrio para el sector alimentario, de bebidas y en general.
- Empresas automotrices y de autopartes.
- Industria cementera, materiales para construcción y otros.
- Vendedoras al menudeo.
- Empresas siderúrgicas y metalúrgicas.
- Productos químicos y de limpieza para el hogar.
- Inmobiliarias.
- Industrias químicas.
- Industrias diversas.
- Empresas logísticas, de distribución o transporte.
- Industrias de la computación y software.
- Industrias de entretenimiento.
- Administración pública estatal, municipal y empresas paraestatales.
- Asociaciones civiles y del sector educativo, y personas físicas.

3.3. Estudios de impacto social

Un estudio de impacto social está basado en la caracterización, evaluación, seguimiento y gestión de las consecuencias y riesgos sociales de un proyecto sobre su entorno socio-económico. La evaluación de los impactos sociales permite identificar los posibles impactos negativos de un proyecto para anticiparlos, mitigar sus efectos y maximizar sus impactos positivos. Iniciando un proceso participativo, el estudio de impacto permite elaborar soluciones que respetan las obligaciones legales y consideran las especificidades locales, por lo tanto, es una herramienta operativa a partir de la cual se pueden definir estrategias de desarrollo sostenible e incluso en las áreas de influencia de los proyectos (Insuco, 2018).

En la medida que los derechos humanos han ganado terreno en la sociedad, los estudios de impacto social se han hecho obligatorios, sin embargo, no son un instrumento infalible. Villafuerte (2017) destaca que al realizar la evaluación de impacto social, se suele caer en la trampa de apegarse totalmente a lo que marca la ley o sólo considerar a quienes están de acuerdo con el proyecto para realizar el

estudio de manera participativa. Esto suele darse no por una omisión consciente, sino por fallar en delimitar correctamente las comunidades impactadas y sólo considerar aquellas donde se sitúa físicamente el proyecto o las que recibirán algún incentivo económico y/o social a partir de este.

La energía eólica implica una alternativa tecnológica que debe beneficiar y hacer partícipes, a la vez, a las comunidades y poblaciones que aportan sus recursos y sus territorios para generarla. Se debe considerar la participación de las personas en la toma de decisiones y tomar en cuenta los aspectos fundamentales del Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo (OIT), para hacer una consulta previa, libre e informada a los pobladores. Es necesario escuchar las distintas voces y reflexionar a partir de las perspectivas de la comunidad implicada y de los actores sociales involucrados (Nahmad, Nahón, & Langlé, 2014).

Villafuerte (2017) señala que cualquier voz que justifique un impacto derivado del proyecto -real o percibido- y que afirme que no fue tomada en cuenta, podría invalidar la evaluación y retrasar el proyecto al no dársele cabida a sus reclamos de manera oficial. Algunos movimientos y organizaciones podrían tomarlo en cuenta y utilizarlo de manera negativa.

La identificación de los impactos ambientales y de sus aspectos relevantes queda circunscrita a un grupo de “expertos”, cuando debería ser un proceso colectivo ya que los impactos tendrán un significado y prioridad distinta para los grupos sociales dependiendo de su cultura, valores e intereses. Los residentes locales suelen oponerse a proyectos de energía eólica en la medida en que sienten que las decisiones se toman buscando conciliar intereses económicos externos o globales, ignorando los aspectos locales como por ejemplo el riesgo de los ciudadanos, la pérdida de valor del paisaje y la desprotección del medio ambiente.

4. DIMENSIÓN AMBIENTAL

La utilización de la energía eólica para la generación de energía eléctrica favorece la estabilidad climática en el planeta por no emitir gases contaminantes a la atmosfera, además de mitigar y retardar el proceso de agotamiento de las reservas combustibles fósiles. Es considerada como una energía limpia. Si se diseña y programa la instalación de parques eólicos equivocadamente se puede generar un daño, de ahí el surgimiento de opositores a su uso. Los efectos negativos más citados en la literatura como inconvenientes medioambientales de los parques eólicos y que se analizan en este capítulo son: el impacto paisajístico, el ruido de las máquinas y los efectos sobre la avifauna.

La producción de electricidad a partir de la energía eólica representa una gran oportunidad para transitar hacia un modelo energético basado en energías alternativas que reduzcan considerablemente los daños ambientales. Sin embargo, el creciente uso de tecnologías eólicas a gran escala en varios países como España, Alemania e Italia, ha ocasionado impactos socioambientales negativos y la oposición de grupos ambientalistas y de protección de derechos humanos (Secretaría de Gobernación, 2013).

La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos ni contribuye al efecto invernadero; tampoco genera productos secundarios peligrosos. Pero algunos de sus efectos requieren atención. Los parques eólicos, al igual que cualquier obra humana, afectan el entorno y sus efectos negativos son resentidos por el suelo, la flora y la fauna del lugar donde se instalan. No obstante, estos problemas pueden manejarse y minimizarse a través de una adecuada planeación, que debe considerar que las zonas naturales protegidas o aquellas áreas donde la fragilidad ecológica del territorio sea alta, estén prohibidas para el desarrollo de estos complejos (Econoticias, 2012).

En este capítulo la pregunta es: ¿qué ventajas y desventajas tiene la energía eólica en el plano ambiental?

4.1. Impactos positivos

Las energías limpias se denominan así porque para su producción no interviene ningún tipo de reacción química o combustión y que los recursos capaces de producir tal energía provienen de la propia naturaleza (como el sol y el viento) (Erenovable, 2016).

Una de las principales ventajas medioambientales de la energía eólica radica precisamente en la ausencia de emisiones de CO₂ por lo que su extensión paulatina en sustitución de fuentes convencionales tendrá como consecuencia directa el descenso de dichas emisiones contaminantes a la atmósfera y la prevención del cambio climático. En tal sentido, los beneficios medioambientales derivados del proyecto eólico serán inmediatos a su puesta en marcha (Gobierno Vasco, 2005). Producir un kilowatt-hora con el sistema de aerogeneradores tiene un impacto ambiental cuatro veces menor que con gas natural, diez veces menor que con plantas nucleares y veinte veces menor que con carbón o petróleo (Álvarez, 2006).

La Asociación Mexicana de Energía Eólica (2009) acentúa que la construcción de parques eólicos tiene como ventajas medioambientales:

- ✓ No requiere grandes movimientos de tierra, la ocupación de terreno es reducida y compatible con otras actividades (agrícolas, ganaderas) que habitualmente se dan en el área de emplazamiento.
- ✓ Son fácilmente desmontables y se retiran sin dejar rastro.
- ✓ Disminuye la presión sobre las reservas de combustibles fósiles.
- ✓ No genera ningún tipo de residuos que necesite un tratamiento posterior.
- ✓ Solo requiere de un recurso gratuito e inagotable como es el viento, por lo que nunca tendrá nada que ver con impactantes explotaciones mineras, complicados y delicados procesos de transformación, mareas negras, construcción de gasoductos, accidentes radiactivos o almacenamientos subterráneos donde guardar peligrosos isótopos durante miles de años, etc.

El impacto sobre el uso del suelo depende en gran medida del lugar de emplazamiento, por ejemplo: los campos de aerogeneradores situados en áreas

planas normalmente usan más terreno que aquellos situados en zonas altas, colinas o a pie de áreas escarpadas. Sin embargo, los aerogeneradores no ocupan todo el terreno. Deben separarse aproximadamente entre 5 y 10 veces el diámetro de sus rotores (el diámetro de los rotores incluye las palas).

Por ello, los aerogeneradores en sí y la infraestructura que acompaña (caminos de acceso, conexiones a la red eléctrica...) ocupan una pequeña zona del total de un parque eólico. El terreno que queda bajo los aerogeneradores podría emplearse para otros usos: agrícola, pastos para el ganado, comunicaciones terrestres, pistas de senderismo, etc. También podrían situarse en espacios industriales, lo que reduciría la preocupación por el uso del suelo en áreas de mayor interés natural (Energías renovables, 2015).

Según el blog Sfera Ambiental (2011), un parque eólico de 10 MW sustituye a 2,447 toneladas equivalentes de petróleo, evita la emisión de 28,450 toneladas/año de CO₂ y genera electricidad para 11.000 familias. Entre los impactos sobre el medio socioeconómico de carácter positivo, de efecto directo o indirecto a corto y medio plazo destacan:

- ✓ Por cada puesto de trabajo por la fabricación de aerogeneradores y de sus componentes, instalación y operación y mantenimiento, se crea al menos otro puesto de trabajo en sectores asociados, como son: consultorías, gabinetes jurídicos, planificación, investigación, finanzas, ventas, marketing, editorial y educación.
- ✓ Empleo de recursos autóctonos que incrementa el nivel de abastecimiento y permite reducir las importaciones de combustibles, como petróleo y gas natural, con lo que contribuyen al ahorro de recursos no renovables.
- ✓ Diversificación energética, disminuyendo el grado de dependencia de las fuentes de abastecimiento tradicionales.
- ✓ Desarrollo de actividades económicas e industriales, con efectos positivos sobre la economía y el empleo.

4.2. Impactos negativos

A pesar de las ventajas que tiene la energía eólica esta también produce impactos negativos aunque en menor grado. En los parques eólicos terrestres la interacción con las aves, el impacto visual de las turbinas eólicas y el ruido de estas son los que más negativamente influyen. En los parques eólicos marítimos, uno de los efectos a considerar es el impacto sobre el ambiente marino y la vida en el mar, donde se incluyen las especies marinas vulnerables, así como las aves, peces y mamíferos marinos (Moreno, 2017).

4.2.1. Alteraciones en el paisaje

El impacto paisajístico puede definirse como *“la pérdida de calidad que experimenta un entorno como consecuencia de la realización de una actividad”*, refiriéndose que es el factor que hay que cuidar en la implantación de parques eólicos a fin de minimizar sus efectos ambientales negativos (Gobierno Vasco, 2005). La presencia de parques eólicos con un gran número de aerogeneradores en cada uno de ellos puede suponer un detrimento de la calidad del paisaje por el contraste y pérdida de naturalidad que implicarían. El documento anterior enfatiza en algunos estudios a nivel mundial sobre esta cuestión, en lo que resalta que:

- ✓ No deben ni pueden enmascarse los aerogeneradores en el paisaje, sino ganarse su lugar en el mismo, siempre y cuando su implantación sea correcta.
- ✓ Es conveniente que la potencia de cada aerogenerador sea elevada, para disminuir así su número.
- ✓ Se han de colocar lejos de las ciudades, fuera de espacios de gran belleza o de contenido cultural y seleccionando sus emplazamientos, preferiblemente en espacios humanizados por cultivos o pastos, así como las tierras estériles.

Algunos autores cuestionan esa objeción paisajística. Por ejemplo, Álvarez (2006) comenta que el impacto es muy subjetivo pues depende de la apreciación estética de cada persona. Además, si lo justo es que las cargas de la producción de energía se repartan entre toda la población en función del consumo, las personas

se deberían preguntar qué prefiere tener junto a su casa para abastecerse de electricidad, si una planta térmica, una central nuclear o un parque eólico. En cualquier caso, hay muchos lugares en los que, por su especial interés paisajístico, ambiental, histórico, cultural o turístico, nunca se deberían instalar turbinas.

Trobo (2013) aborda que el impacto visual no se trata de saber si los parques eólicos son atractivos visualmente o no, si no de conocer hasta qué punto se dañan los recursos visuales de la zona y cómo esto repercute en la calidad de vida de los habitantes. Siempre debe considerarse la frecuencia con que serán vistos los parques eólicos y la presencia de sitios de recreación, áreas arqueológicas, o elementos naturales (lagos, ríos, montañas o grandes extensiones de terrenos).

4.2.2. Emisiones sonoras

Otro de los impactos negativos es el ruido que originan los aerogeneradores en funcionamiento, aunque debido a la evolución de la tecnología eólica esta afección ha dejado de ser preocupante. Martín y otros (2008) determinaron que el ruido procedente de este tipo de máquinas no es excesivamente elevado, tanto en nivel global (se obtienen valores menores de 70 dB(a)² a pie de aerogenerador en el caso del Gamesa G-47, el más ruidoso) como en el rango de frecuencias audible, con lo cual no ocasionaría problemas de salud importantes si la exposición al ruido no es prolongada. En la medida que evolucionan los aerogeneradores, tanto en su diseño, como en su implantación, mejora su rendimiento y disminuye su impacto acústico.

En el informe del Gobierno Vasco ya citado, se indica que el ruido producido por aerogeneradores de 660 kW no se escucha a más de 400 metros; a 45 metros, con una velocidad del viento de 8 m/s, la sonoridad alcanza 57.2 decibelios, disminuyendo a 51.6 dB(a) a 100 m de distancia y a 45.6 dB(a) a 200 metros. El nivel sonoro aumenta en 0.45 dB(a) por cada m/s que se incrementa la velocidad del viento. Como este gradiente es inferior al del ruido ambiental, a velocidades

²La presión acústica se mide en decibelios (dB) y los especialmente molestos son los que corresponden a los tonos altos: dBA, dBa, o dB(a) (Gobierno Vasco, 2005).

altas de viento (15 m/s) y distancias cortas del aerogenerador, el ruido sobrepasa al producido por el molino. Con la evolución tecnológica, al instalare aerogeneradores de mayor potencia, no existe incrementos significativos del nivel de ruido.

En el Proyecto de Norma Oficial Mexicana queda establecido que el máximo nivel de ruido de los aerogeneradores no debe exceder los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, la que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995, pero no se refieren al máximo permisible de un aerogenerador; muchas investigaciones representan esta contrariedad, como Nahmad, Nahón y Langlé (2014) que indican de que no existen normas ambientales que regulen la contaminación por ruido que hayan sido emitidas por la SEMARNAT y que sean específicas para la energía eólica.

4.2.3. Efectos sobre la avifauna

La gravedad de los efectos del impacto de los aerogeneradores sobre la avifauna dependerá de las especies sobre las que se produzcan, es decir, del grado de amenaza en que se encuentren, de la fracción de la población de una especie sobre la que puedan tener lugar esos efectos y el valor simbólico de la especie, concepto subjetivo que puede llegar a estar ligado más a la opinión pública, que a la consideración técnica o ecológica que se posea de ella. En todo caso, la posible afección concreta sobre las aves deberá ser analizada cuidadosamente a la hora de seleccionar los emplazamientos (Gobierno Vasco, 2005).

Huertas (2016) comenta que la iluminación de la parte superior de los aerogeneradores atrae a las aves nocturnas. Algunos aerogeneradores en España son conocidos como “*killers*” por la tasa de mortalidad de las aves. Según su ubicación pueden llegar a provocar la muerte del 80 % de aves de esa región al oscilar entre los 6 y 18 millones de ejemplares. Se enfatiza que en algunos molinos eólicos están instaladas cámaras que detectan el movimiento de los pájaros, emiten un sonido para alejarlos y evitar así las colisiones; en caso de que

el ave siga su trayectoria, el sistema envía una señal a ese aerogenerador para que se detenga.

Algunos autores y fuentes como Santamarta (2011), Martínez (2013), ProyectoFSE (2014), matizan que los argumentos principales de las personas que están en contra de los aerogeneradores son que estos producen la muerte de muchas aves al año. Destacan que la muerte de aves por causa de parques eólicos representan menos del 0.0005 % de las causas antropogénicas. Dentro de este contexto, algunas de las afectaciones negativas sobre la avifauna por parte de la presencia de aerogeneradores podrían llegar a ser la colisión, alteraciones de las rutas migratorias, así como otros impactos.

- Colisión

En principio, todas las aves podrían ser susceptibles de colisión, pero sería de esperar una mayor probabilidad para las aves más abundantes, las veleras, y las migratorias, cuando volasen a baja altura con viento en contra. El vuelo planeado de algunas especies se complementa con vuelo batido, de tal manera que ciertas condiciones atmosféricas (niebla, lluvia) pueden limitar la visibilidad de aerogeneradores en determinados lugares y momentos y, por consiguiente, incrementar el riesgo de colisión (Gobierno Vasco, 2005).

La Asociación Mexicana de Energía eólica (2009) señala que las aves tienen menor probabilidad de chocar con aerogeneradores con rotores más grandes y de velocidad variable que con aerogeneradores de rotores pequeños y velocidad fija, de ahí que si las turbinas más pequeñas fueran sustituidas por un número menor de turbinas más grandes se reduciría en dos terceras partes las muertes de aves sin perjuicio en la generación eléctrica anual. Citan además a trabajos de diferentes autores como Kingsley y Whittam (2001), investigadores que concluyen que las turbinas colocadas en el paso de importantes corredores de migración han tenido pocas muertes de aves y que éstas parecen mostrar un comportamiento de evasión si las turbinas son visibles.

En cuanto a las especies migratorias, la Secretaría de Energía (2014) considera que el análisis del impacto directo de los parques eólicos sobre estas especies

requiere un monitoreo representativo anual, que considere las fechas de transición y movimientos generales, mismo que debe intensificarse durante la temporada de mayor afluencia, así como los horarios de mayor actividad o arribo de especies; y dado el corto tiempo con que se contó con el trabajo de campo, no fue posible evaluar dicho impacto sobre las especies migratorias. La información disponible es limitada y la probabilidad de estos eventos es difícil de precisar, por lo que se hace necesario realizar más análisis y trabajo de campo.

- Alteración de las rutas migratorias

Nahmad, Nahón y Langlé (2014) señalan que el Istmo de Tehuantepec forma parte de la ruta de aves migratorias que del norte se dirigen hacia Centro y Sudamérica. Cada temporada pasan por la zona alrededor de doce millones de aves de 130 especies. Entre las especies en peligro se encuentran la aguililla de alas anchas, la aguililla migratoria mayor y el halcón peregrino, protegidas por las leyes de México, Estados Unidos y Canadá. El Instituto de Ecología (INECOL) refiere que el Istmo es un “cuello de botella” por donde miles de aves cruzan, donde la posibilidad de choques contra los aerogeneradores es muy alta; por ello es necesario llevar a cabo medidas precautorias si se quiere evitar un daño ecológico.

- Otros impactos

Otros efectos negativos sobre la avifauna son: la disminución de la oferta alimenticia que la ocupación de espacio conlleva, la pérdida de reposaderos o dormideros, la pérdida de vientos favorables en uso de térmicas o vientos de ladera, la alteración de las rutinas diarias de vuelo o la alteración de áreas de dispersión de individuos generalmente jóvenes (Gobierno Vasco, 2005).

En el caso de las instalaciones marinas, la separación de la costa determinará el impacto visual o auditivo, pudiendo disminuir o desaparecer alguna de estas afecciones. Por otro lado, puede que el impacto para las aves y otras especies marinas sea importante, lo que deberá ser evaluado a la hora de elegir el emplazamiento para el parque (Álvarez, 2006).

La Asociación Mexicana de Energía Eólica (2009) propone medidas para mitigar los impactos ocasionados por proyectos eólicos sobre las aves, entre las que se destacan las siguientes: usar luces estroboscópicas blancas con el ciclo de apagado más amplio; utilizar torres tubulares para evitar el riesgo de percheo y anidación; mantener los cables de recolección de energía bajo suelo; y reducir el tamaño de los caminos y bases de las turbinas y apoyar la regeneración.³

³ En México no existe una ley de energía eólica que regule puntualmente los impactos ambientales, lo cual dificulta la elaboración y aplicación de medidas de mitigación, lo cual repercute en la solución de estos. El Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006 establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eoloeléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales. La realización de obras o actividades que podrían causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, requieren previamente la autorización de la SEMARNAT en materia de evaluación del impacto ambiental, como es el caso de la construcción, operación y abandono de instalaciones eoloeléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales (SEMARNAT, 2006).

CONCLUSIONES DE LA PRIMERA PARTE

La energía eólica es una de las principales fuentes renovables en la generación eléctrica. La estabilidad en sus rendimientos la convierten en fuente de energía confiable, por lo que muchas compañías y empresas privadas se inclinan hacia ella como el principal sector de energía limpia. El avance tecnológico de los aerogeneradores ha permitido disminuir el costo de producción y aumentar la eficiencia en la generación.

Existen exigencias por los impactos negativos de los parques eólicos con respecto al desequilibrio ecológico que pueden traer en las zonas explotadas para este fin. Sin embargo, no se encontró evidencias de la existencia de un documento metodológico que permita la medición de impactos por lo que dificulta la valoración y/o evaluación de estos.

La oposición social en los sitios de generación se manifiesta fundamentalmente porque las compañías no siempre tienen en consideración la importancia y el compromiso que genera su LSO, además de la mala práctica de su RSC. Se considera que organismos financieros internacionales están a favor del desarrollo social de las comunidades aledañas a los parques eólicos, pues solicitan estudios de impacto social con mayor profundidad para que sean integrados en los proyectos.

SEGUNDA PARTE

ENERGIA EÓLICA Y RESISTENCIAS

Deficiencia de los sistemas de gobernanza

5. LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO

El primer campo eólico en México fue el de La Venta, en Oaxaca, que inició su operación comercial en 1994 bajo el esquema de Obra Pública Financiada (OPF) por licitaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). A partir de entonces ese estado se convirtió en lugar clave, dada sus condiciones geográficas (PWC, 2017). Según el Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables (CEMAER) la capacidad del parque era de 1.5 MW y al cierre de 2016 se pasó a 1,263 MW (CEMAER, 2017).

Según estudios realizados por diversas empresas, como el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), existe una enorme capacidad en cuestión de recursos eólicos y solares, suficientes para abastecer por completo la demanda actual y disminuir de manera importante la dependencia de los hidrocarburos (Müller, 2014). En este capítulo se observa algunos de los avances de la energía eólica en México en el contexto de lo que ocurre en otras latitudes.

5.1. Contexto internacional

La energía eólica suministra más del 3 % del consumo mundial de electricidad y se espera que para 2020 se supere el 5 %. A más largo plazo (2040), la Agencia Internacional de la Energía prevé que la energía del viento pueda cubrir el 9 % de la demanda eléctrica mundial y más del 20 % en Europa (Acciona, 2016).

Reportes como el de REN21 (2017) señalan que la energía eólica contribuye con 4 % en la generación de electricidad mundial y se explota en más de 100 países. De acuerdo con la Figura 3 se adicionaron 55 GW de potencia eólica en el 2016 y se llegó a 487 GW en el total acumulado mundial. En cuanto a potencia instalada, la eólica es la fuente de energía que marcha en primer lugar en Europa y Estados Unidos, mientras que en China ocupa el segundo lugar. Este país ocupó en el 2016 el primer lugar en nuevas instalaciones eólicas al instalar prácticamente la mitad de lo que se instaló en todo el mundo (Figura 4).

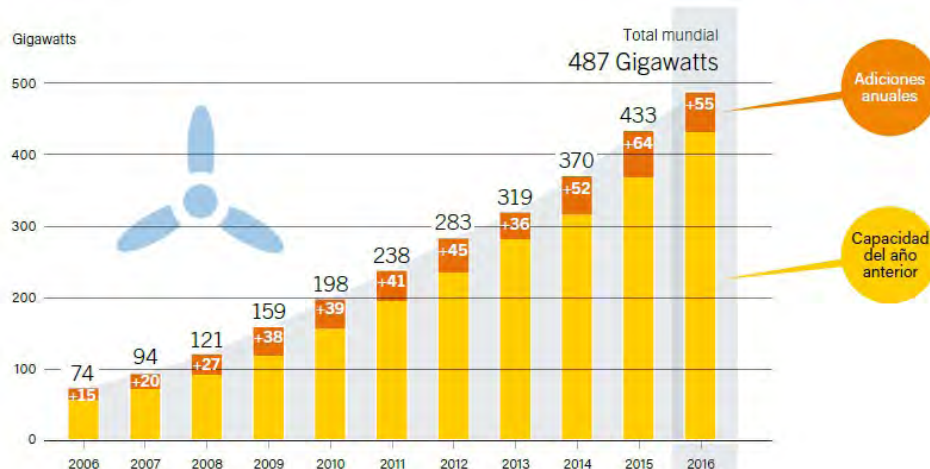


Figura 3. Capacidad y adiciones anuales mundiales de la energía eólica Fuente: (REN21, 2017).

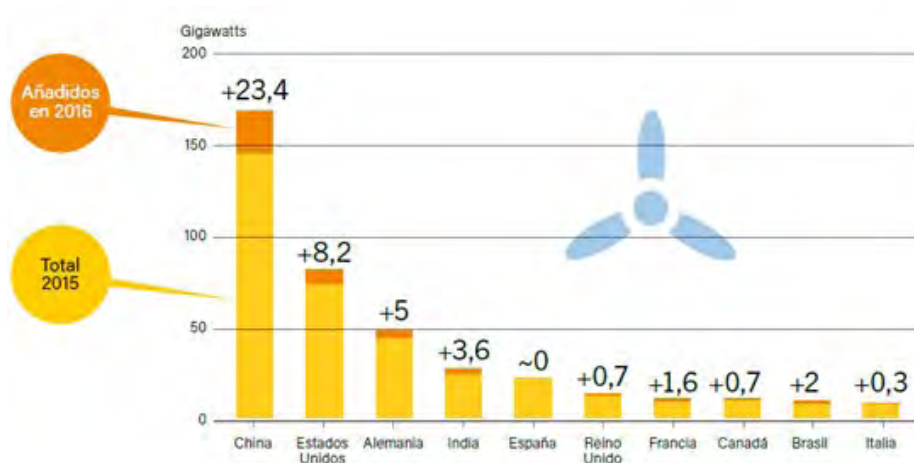


Figura 4. Países líderes en capacidad y adiciones de energía eólica (2016). Fuente: (REN21, 2017).

Asia acumuló en el 2016 203 GW, ubicándose por octavo año consecutivo como el mayor mercado con alrededor de la mitad de la capacidad añadida. China agregó 23.4 GW para un total de capacidad instalada de 169 GW. La India, que ocupó el cuarto lugar, se distinguió instalando 3.6 MW para un total de 28.7 MW. Turquía implementó un récord al sumar 1.4 GW, para ubicarse entre los 10 primeros en nuevas capacidades y llega a tener 6.1 GW. Pakistán añadió 0.3 GW, la República de Corea y Japón 0.2 GW.

Los Estados Unidos se ubicaron en el segundo lugar del ranking con 8.2 GW para un acumulado total de 82.1 GW. Canadá añadió 0.7 GW para un total de 11.9 GW. La Unión Europea instaló cerca de 12 GW de capacidad neta y alcanzó 153.7 GW, con 92 % en tierra y 8 % en parques marítimos. El viento representó la mayor

proporción en cuanto a nuevas capacidades en la región con 51 % (Moreno, 2017).

América Latina cuenta con condiciones climatológicas y geográficas que lo hacen apto para la generación eléctrica con tecnologías eólicas, Brasil ocupa el primer lugar en el continente, seguido de México y Chile, según información de la Asociación Mundial de la Energía Eólica (WWEA, por sus siglas en inglés). Este país alcanzó una capacidad total en el primer semestre del 2016 de 9,810 MW, con una tasa de crecimiento de 12.5 %. Se espera que continúe como el líder del mercado en la región y podría alcanzar la sexta posición en todo el mundo en el 2018. Los estados del nordeste de Brasil, en la costa atlántica, concentra el mayor potencial eólico del país, conformado por casi 350 parques de energía eólica.

La capacidad total de Chile en el 2015 fue de 933 MW. En el 2016, se contabilizan un total de 29 parques eólicos. Estos datos lo ubican en la tercera posición en América Latina en producción de energía eólica, seguido por Uruguay, Costa Rica y Argentina.

Uruguay cuenta con 38 parques que generan casi 900 MW. Al 2016, la proporción de energía eólica sobre el consumo eléctrico total rondaba el 38. Se preveía que al cierre de 2017 el país contara con 1,450 MW de potencia instalada y 42 % de participación en la generación de electricidad total.

Costa Rica ocupa el lugar 48 de la lista GWEC de países con mayor potencia eólica total instalada (MW), el primero en Centroamérica y la quinta posición en América Latina. La generación de energía eólica pasó en el 2011 del 4.25 al 10 % en el 2016. El país cuenta con 13 parques eólicos, los que produjeron 288 MW en el 2015. Costa Rica espera los 460 MW instalados en esta tecnología en el año 2018.

Argentina es el tercer mercado energético de América Latina, pero uno de los más atrasados en la provisión eléctrica obtenida de fuentes amigables con el ambiente. La Patagonia es la región donde corren vientos constantes que ofrecen condiciones únicas, aunque los costos de instalación son altos: cada megawatt requiere un capital de unos 2 millones de dólares. Al 2016, sólo el 1 % de la matriz

energética estaba basada en renovables. En el 2015 produjo 279 MW y contabiliza un total de 22 campos eólicos (Martínez, 2016).

Moreno (2017) destaca que en 2010 en Puerto Rico no existían parques eólicos, pero en los últimos años se ha llegado a producir 125 MW, con la implementación de tres parques. Le sigue el mercado de República Dominicana, donde se llegó a una capacidad instalada de 135 MW a finales de 2015, superior a los 60.2 MW del 2011. Curazao llegó a 30 MW y Guadalupe aumentó de 20.5 a 29.5 MW.

El mercado de África fue menor que en 2014 y 2015. Sudáfrica añadió sólo 0.4 GW, llegando en total a 1.5 GW todo el continente. En Oceanía la actividad eólica fue poca durante el 2016, Australia incorporó sólo 140 MW, para un total de 4.3 GW. En el periodo 2010-2016 las islas caribeñas repuntaron con un apreciable crecimiento en parques eólicos y dispuso de una capacidad de 454 MW (Moreno, 2017).

China, en los últimos años, se ha puesto objetivos para aumentar su energía renovable. Ejemplo de ello es la construcción de dos turbinas de viento por hora. Este país tiene el programa más grande de instalación de turbinas en el mundo, duplicando a su rival más cercano: Estados Unidos. En el 2015 se instaló un récord de 46.9 GW de energía solar y eólica, pero como resultado, ha tenido una saturación tal del mercado energético que está haciendo que muchos parques eólicos no funcionen a su máxima capacidad. Por ejemplo, en la provincia de Gansu se ha llegado al punto de tener que reducir en un 39 % la generación eólica por insuficiente capacidad en la red eléctrica, en Europa la reducción forzada de generación eólica no rebaja el 1 y 2 % de la oferta anual (BBC Mundo, 2016)

Los bajos precios de las últimas subastas de eólica *offshore* en Europa están impulsando de nuevo el mercado eólico europeo, un tanto debilitado en los últimos tiempos y atrayendo la atención de reguladores de todo el mundo. Asia será el continente que liderará el crecimiento eólico, con China e India a la cabeza, seguida por América del Norte y Europa. En América Latina, además de Brasil, otros países de la región han crecido, especialmente Uruguay, Chile y Argentina. En África el liderazgo estará dado por Kenia, Sudáfrica y Marruecos. Australia,

después de un período de calma, parece volver a resurgir con proyectos para los próximos años.

El Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC, por sus siglas en inglés) prevé que la instalación anual subirá a unos 75,000 MW anuales en 2021. En el 2016 se instalaron más de 54,000 MW de energía eólica en más de 90 países, la capacidad acumulada mundial creció un 12.6 % en el 2016, hasta 486,000 MW instalados. Esta energía compite con éxito en la actualidad con otras tecnologías fuertemente subsidiadas en todo el mundo, construye nuevas industrias, crea cientos de miles de puestos de trabajo y lidera el camino hacia un futuro energético sostenible (Monforte, 2017)

5.2. Situación actual en México

La política eólica mexicana comenzó a ser planificada fundamentalmente para explotar los recursos del Istmo. El primer parque eólico en funcionamiento en México se inauguró en el Istmo de Tehuantepec en 1994, en ese entonces se instaló el primer parque eólico llamado “Venta I” con una capacidad de 1,5 MW. Así pasaron varios años hasta que llegó el 2007 cuando la energía eólica en tomó fuerza en el país (CEMAER, 2017).

En el 2004 el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) financiaron el “Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México”, un programa diseñado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). Uno de los objetivos era diseñar mecanismos técnicos y financieros para lograr la inserción de la energía eólica en el *mix* energético nacional, el mejoramiento de los convenios de interconexión, establecimiento de tarifa de compra. Después de muchos años de haber impulsado estos proyectos, los resultados fueron modestos pues las guías no fueron acabadas.

Con el impulso de estos estímulos económicos, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) convocó en 2006 a una licitación pública para integrar a la red eléctrica nacional los proyectos de parques eólicos presentes en la región del

Istmo. Este procedimiento se denominó Temporada Abierta⁴ de Reserva de Capacidad de Transmisión y Transformación de Energía Eléctrica y se definió como un mecanismo que permite coordinar los trabajos para el diseño, desarrollo y financiamiento de la infraestructura de transmisión para desalojar la energía de los territorios. El mecanismo de licitación señalado valora las cualidades financieras y técnicas de los proyectos de parques eólicos que pueden conectarse a la red eléctrica nacional. En el 2011 se abrió un segundo proceso de licitación que además de incluir una segunda etapa de proyectos ubicados en el Istmo de Tehuantepec, buscaba integrar a la red eléctrica nacional proyectos de energías renovables (principalmente eólicos) ubicados en otros estados como Puebla, Tamaulipas y Baja California (Zárate & Fraga, 2016).

La generación eólica en México representaba en el 2015 alrededor del 0.7 % de la generación total de electricidad; sin embargo, la prospectiva de la SENER establece alcanzar el 4.2 % en el 2020 (SEMARNAT, 2015). Según el informe en el 2009 de la Secretaría de Gobierno (SEGOG), desde los inicios de la instalación de la tecnología eólica existían restricciones de acceso y distancias para interconexión de proyectos a las redes eléctricas, lo cual fue una gran barrera en las zonas donde se desarrollaban los proyectos. Por eso fue necesario el diseño de esquemas que permitieron instalar la infraestructura de transmisión y comunicación necesaria para el desarrollo exitoso de proyectos de energía eólica.

Se calcula que el país utiliza sólo 3.2 % de su capacidad potencial para producir energía a partir de la fuerza de los vientos (Martínez, 2016). El potencial eólico es de más de 50,000 MW. Para alcanzar el objetivo de generar 35 % de energía limpia en el año 2024 se requiere utilizar tan sólo alrededor de 17,000 MW. De acuerdo al Inventario Nacional de Energías Renovables, los estados con mayor potencial eólico probado son Oaxaca, Tamaulipas, Coahuila y Baja California, los

⁴En otras palabras, la “Temporada Abierta” es un instrumento de política pública mediante el cual los desarrolladores definen —bajo el arbitraje de la CRE, en función de la capacidad del parque eólico proyectado y de su cercanía a la red eléctrica nacional, entre otros factores— el costo y las cualidades técnicas de la infraestructura necesaria para conectar y distribuir la energía producida por los proyectos de parques eólicos mediante la red eléctrica nacional.

cuales, en conjunto tienen el 67.5 % de la capacidad instalable (MW) y el 70.3 % del potencial de generación de energía (GWh/a) (SEMARNAT, 2015).

En el documento Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030 (Secretaría de Energía, 2016) se enfatiza que al cierre del 2015 la capacidad instalada de la energía alcanzó los 2,805.1 MW, lo que significó un incremento del 37.75 % respecto del 2014. En 2015, la generación eólica fue de 8,745.1 GWh, 36.08 % mayor a la generada en 2014. La generación de energía eléctrica a través de la energía eólica ha crecido significativamente desde 2005, de 5.0 GWh/año a 8,745.1 GWh, lo que representa un incremento de cerca del 174,802.0 %, clasificándose así en la segunda fuente de generación renovable (Figura 5).

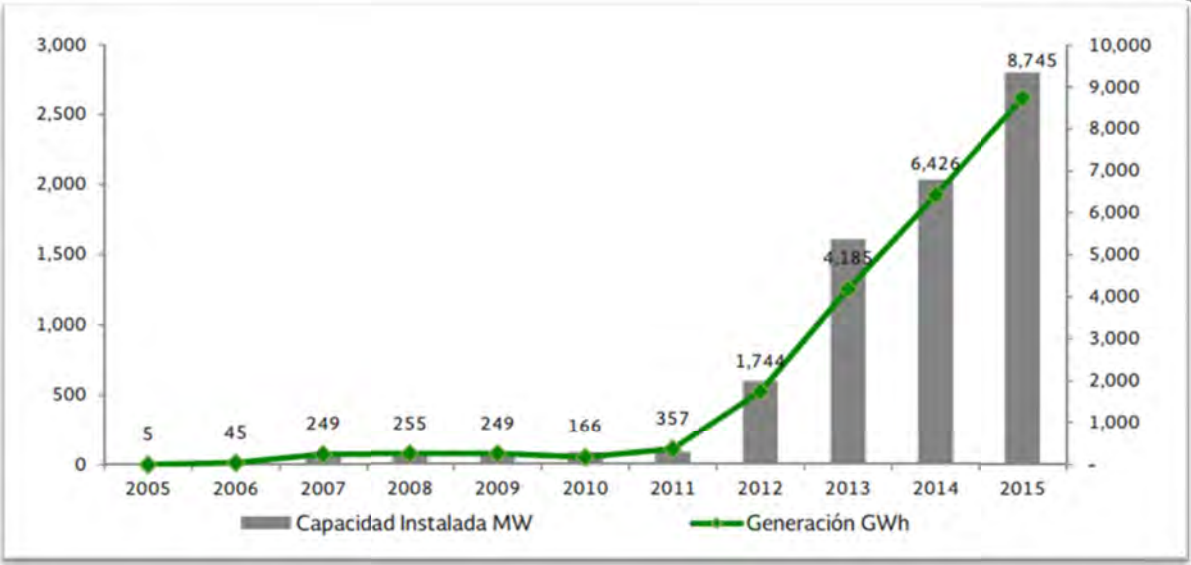


Figura 5. Capacidad instalada y generación bruta de centrales eólicas, 2005- 2015 (MW, GWh).
Fuente: (Secretaría de Energía, 2016).

Al cierre de 2015, se contaba con 32 plantas de generación en 10 estados del territorio nacional. La mayoría (23 plantas), se encuentran concentradas en el área Oriental, principalmente en el estado de Oaxaca, con una capacidad instalada de 2,308.6 MW para esa región, otra ubicada en la parte Occidental, con 445.6 GWh, seguida de Baja California, con una capacidad instalada de 166.0 MW y generación de electricidad anual de 272.6 GWh (Figura 6).

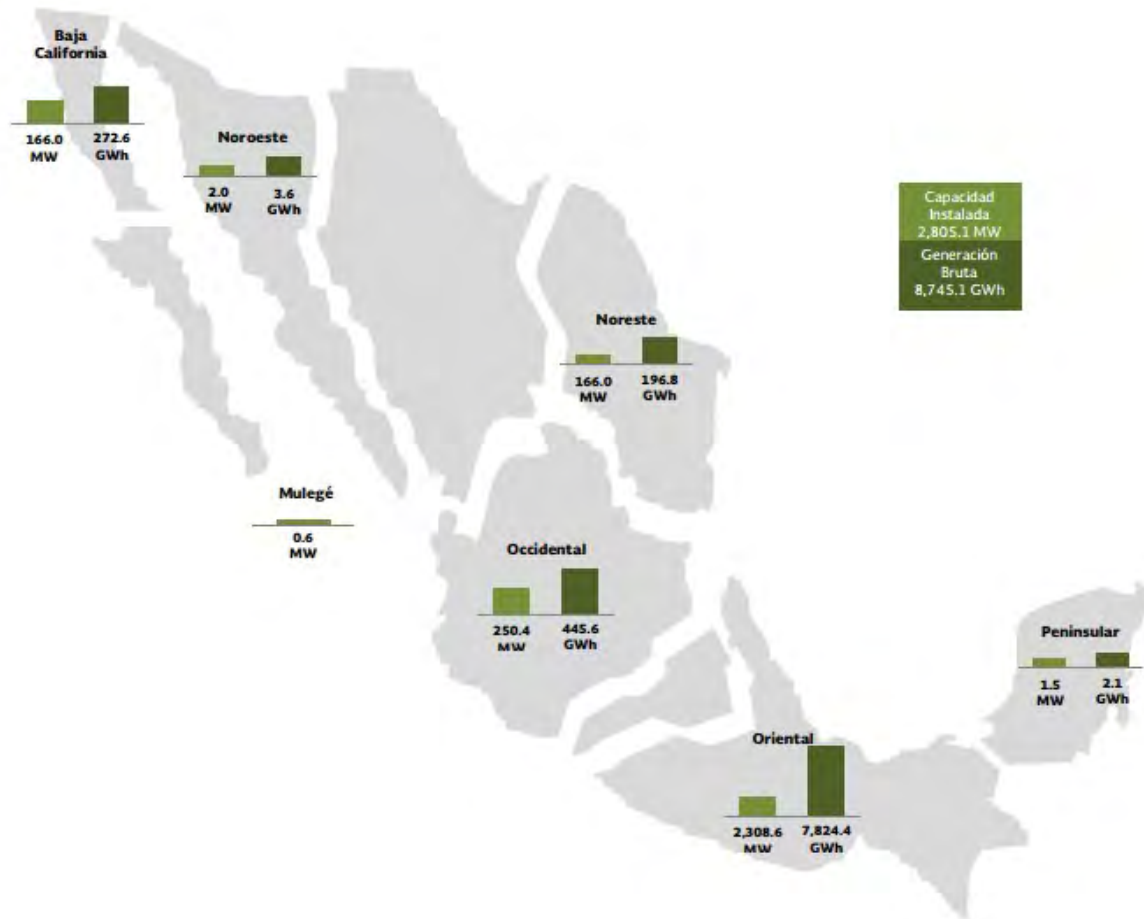


Figura 6. Capacidad instalada y generación bruta de centrales eólicas por área de control, 2015.
Fuente: (Secretaría de Energía, 2016).

En el periodo 2015 - 2018, según México WindPower, se estima que las inversiones son superiores a 12,000 mdd. En 2014 el país atrajo 2,100 mdd en inversión en energías renovables, 40 % más que en 2013, de acuerdo con el informe “Tendencias globales de inversión en energías renovables 2015”, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Esto sitúa a México por arriba de otras economías emergentes como Indonesia (1,800 mdd), Turquía (1,800 mdd), Chile (1,400 mdd) y Kenia (1,300 mdd). Los estados que se espera que generen más MW con energía eólica en 2018 son Oaxaca (5,564), Tamaulipas (1,350), Coahuila (1,080), Nuevo León (642) y Jalisco (399) (Forbes Staff, 2016).

En la feria anual “MexicoWindPower”, celebrada en marzo de 2017, se adelantó que para 2019 se prevé que 34 compañías inviertan 6,600 millones de dólares en la construcción de 52 nuevas centrales eólicas y solares en el país, aprovechando,

en el caso de la energía que usa la fuerza del viento, el potencial existente en tres regiones del sur, noreste y noroeste. Se proveerá 80 turbinas dotadas de una tecnología digital que desarrolló para incrementar eficiencia y rentabilidad en el parque Parras, desarrollado por la mexicana KalosEolos en el noroeste estado de Coahuila (Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico, 2017).

La firma española Aldesa expuso que sus centrales Chacabal I y II, en la municipalidad de Suma, operará a partir de 2018 en el estado de Yucatán, contarán con 30 aerogeneradores de 137 metros de alto para generar 60 MW, en los cuales se invertirán 116 millones de dólares. Se recalcó que estos parques atienden los lineamientos en protección ambiental, pues son proyectos verdes que cumplen con todos los lineamientos nacionales e internacionales en materia de cuidado del medio ambiente y de vanguardia en la producción de energía (Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico, 2017).

Vestas se ha adjudicado un contrato firme e incondicional por parte de Zuma Energía⁵ para el proyecto Parque Eólico Reynosa en el estado de Tamaulipas, México. La planta eólica será una de las más grandes de toda Latinoamérica. El pedido incluye el suministro e instalación de los aerogeneradores, así como un contrato de operación y mantenimiento *Active Output Management 5000* (AOM 5000). Se espera que la puesta en marcha tenga lugar en 2018 (Redacción / Energía a Debate, 2017).

La Asociación Mexicana de Energía Eólica (2018) reporta que al cierre del año 2017 se reportaron 4,005 MW operando en México, gracias a los 42 parques en operación y la utilización de 1,935 aerogeneradores. La inversión realizada desde el año 2004 para el desarrollo de proyectos eólicos en el país asciende a 6,900 millones de dólares. Para el periodo 2020-2022 se proyecta que existan parques eólicos en 17 estados con una generación de 12,896 MW (Figura 7).

⁵Establecida en 2014, Zuma Energía es una compañía líder en el sector de las renovables en México que cuenta con el respaldo financiero de Actis y Mesoamérica, ambas conocidas por su exitosa trayectoria en el desarrollo de grandes proyectos de energía renovable en América y Europa (Redacción / Energía a Debate, 2017).

TOTAL PREVISTO EN EL AÑO 2018: **5,891 MW**



TOTAL PREVISTO EN EL AÑO 2020 / 2022: **12,896**



Figura 7. Capacidad prevista de Energía Eólica en México. Prospectiva 2018 y 2020. Fuente: <http://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico>

La mayor parte de los 2,616 millones de dólares (mdd) invertidos en los 1,269 MW eólicos en operación en el Istmo de Tehuantepec se destinó a la compra de los

914 aerogeneradores a firmas como la danesa Vestas (58), la estadounidense Clipper (59) y las españolas Acciona (371) y Gamesa (426) (Juárez-Hernández & León, 2014). En Oaxaca existen proyectos eólicos que se basan principalmente en la modalidad de autoabastecimiento⁶, como el de Coahuila, inaugurado en abril de 2017 con una inversión privada de 358 millones de dólares. Se desarrolló en conjunto con Energías de Portugal Renovables (EDPR) e Industria Peñoles, empresas con las que México firmó el Acuerdo de Suministro de Electricidad mediante un esquema de autoabastecimiento, para un plazo de 25 años (Aleman, 2017).

5.3. Perspectivas hacia 2030

Según un estudio realizado por *MAKE Consulting* y citado por la Asociación Eólica de Catalunya (2018), la industria eólica generará a nivel mundial una media de 65 GW anuales, con la eólica marina al frente. Los datos de este informe apuntan que hasta finales de 2020 se podría registrar un crecimiento cercano al 30 % anual, mientras que desde 2023 y hasta 2027, el crecimiento podría ser todavía mayor gracias a la contribución de los países emergentes y al impulso de la eólica marina.

En México se espera que en el período de 2016 a 2030, se instalen cerca de 12,000 MW de nueva capacidad de eólica, concentrándose en dos periodos: entre 2016-2020, se adicionará 6,633.1 MW y entre 2024-2027, el restante 5,366.9 MW (Secretaría de Energía, 2016). La Secretaría de Energía (2017) prevé que la generación eoloeléctrica incremente en 387.5 % entre 2017 y 2031 (Figura 8) y que aporte al sistema el 24.2 % (Figura 9). Para 2031 se espera un importante crecimiento de las centrales eólicas, 15.2 % del total de capacidad de generación, siendo la primera en comparación con las demás tecnologías limpias (Figura 10).

⁶La Comisión Reguladora de Energía entiende por autoabastecimiento a la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo siempre y cuando dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales (SENER, 2015).

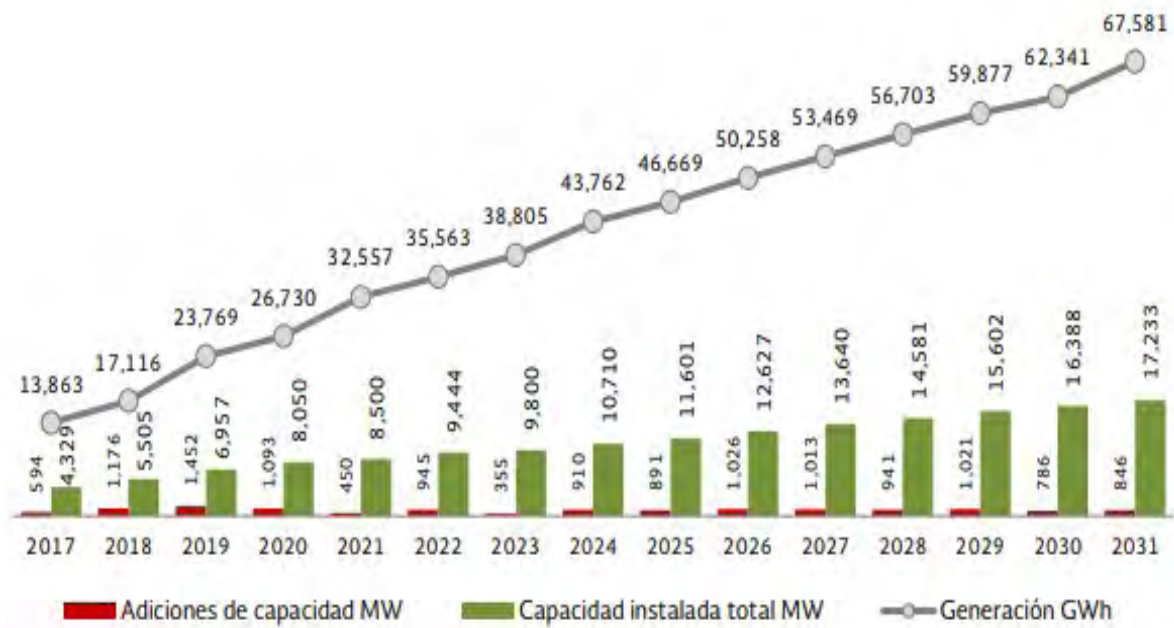


Figura 8. Evolución de las adicciones de capacidad, capacidad a instalar y generación eoloelectrica 2017-2031. Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).

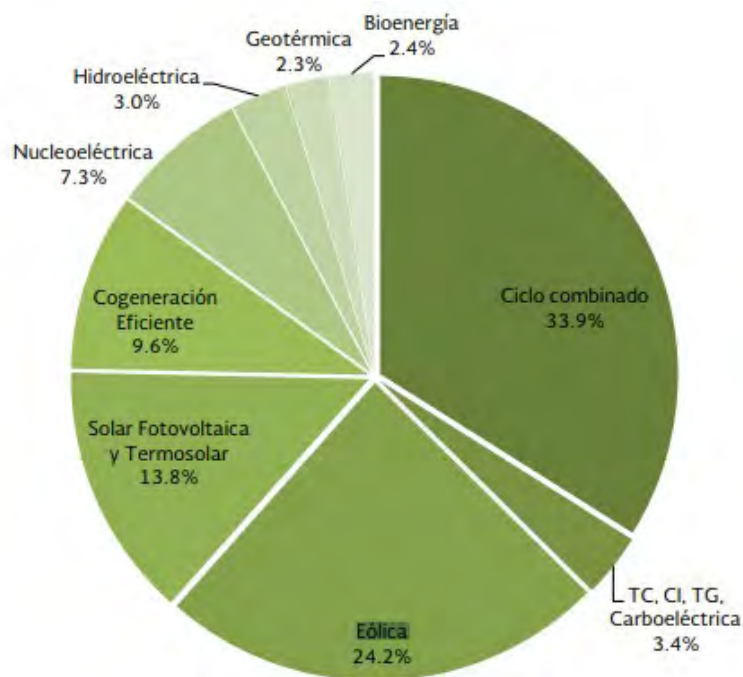


Figura 9. Participación en la capacidad adicional por tipo de tecnología, 2017-2031. (Porcentaje). Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).

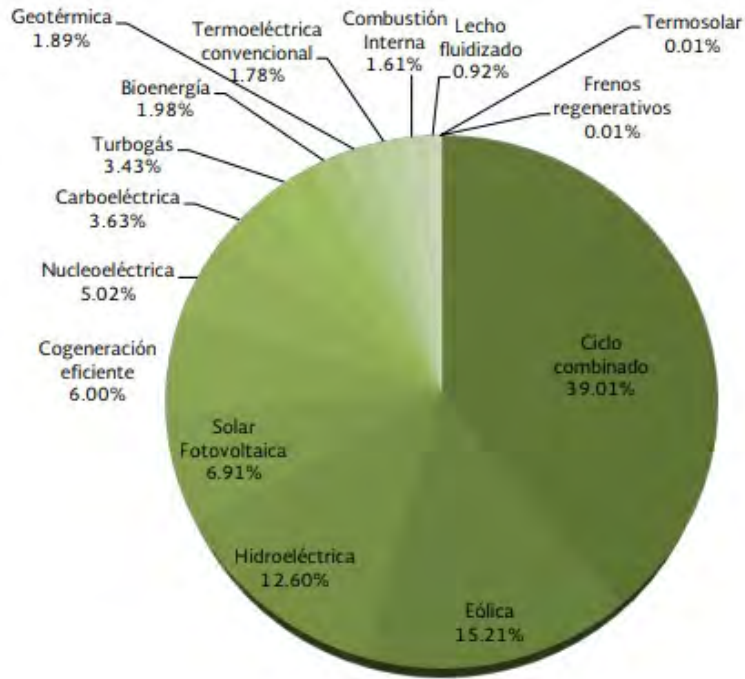


Figura 10. Capacidad instalada de generación eléctrica por tecnologías. 2031 (Porcentaje). Fuente: (Secretaría de Energía, 2017).

6. OBSTÁCULOS Y RESISTENCIA

En el discurso de promoción de la energía eólica no suele mencionarse los niveles de incertidumbre ética y la complejidad respecto a los impactos que ésta puede generar. Predomina el dogma de que la energía eólica resolverá por sí misma los impactos del cambio climático, sin lograr el debate y la reflexión de la medida en que pudiera mitigar o acentuar aún más los efectos negativos de este fenómeno global, por lo que siempre ha existido la oposición de grupos ambientalistas y de protección de derechos humanos por los diversos impactos socio-ambientales negativos que le atribuyen a los parques eólicos, como es el caso en el Istmo de Tehuantepec (Howe, Boyer, & Barrera, 2015).

La vocación mediadora de las autoridades federales, estatales y municipales no sólo ha sido errática, frecuentemente se han alineado del lado de empresarios e inversionistas, con resultados previsibles: los conflictos se han extendido, y el desarrollo de la energía eólica no ha estado a la altura de la transición energética que ha emprendido el país. ¿Por qué las comunidades han rechazado esos proyectos a pesar de los beneficios que traen consigo? ¿Qué se ha hecho para alinear los objetivos de ambas partes? ¿Qué ha fallado? ¿Qué opciones hay para dirimir el conflicto?

6.1. El Istmo de Tehuantepec

La construcción de parques eólicos en México ha generado numerosos conflictos entre las empresas eléctricas y la población asentada en los sitios con mayor potencial de viento, entre los que destacan el sur del Istmo de Tehuantepec. En esta sección se hace una caracterización de la zona y se narra cómo ha sido el desarrollo del conflicto de las comunidades de esta región con los proyectos eólicos.

6.1.1. Caracterización de la zona

El Istmo de Tehuantepec es una región comprendida entre los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz. Es una de las regiones con mayor presencia indígena del país, donde se encuentran grupos étnicos como: Huaves, Mixes, Zapotecas, Zoques y Chontales.

Con aproximadamente 200 kilómetros de ancho en línea recta, es la franja de tierra continental más estrecha en México, lo cual conecta el Océano Atlántico (Golfo de México) con el Océano Pacífico (Golfo de Tehuantepec) (Figura 11). La región completa se encuentra en una zona de clima tropical cálido, excepto en las elevaciones de la sierra Atravesada, donde los vientos provenientes del Pacífico proporcionan un clima más fresco y cálido.

Las temperaturas alcanzan los 35 °C. Los dos fenómenos naturales habituales son la lluvia y el viento. El promedio anual de precipitación en la vertiente atlántica es de 3960 mm/año. La velocidad media es de dirección noroeste con un valor de hasta 10 m/s, aunque los fuertes vientos pueden llegar hasta 60 m/s. Está expuesta a riesgos por fenómenos geológicos (temblores y tsunamis, en la costa de Oaxaca) e hidrometeorológicos (huracanes, tormentas tropicales e inundaciones) en ambos litorales.



Figura 11. Región del Istmo de Tehuantepec. Tomado de: <https://pagina3.mx/2015/08/llega-a-11-radiacion-solar-en-el-istmo-es-extremadamente-alta/>

El nombre Tehuantepec significa "Cerro de las Fieras" en *náhuatl*. En esta zona el recurso eólico es un sistema de vientos denominado *Tehuantepecer* que generalmente sopla del Norte, obedece a un efecto de tipo monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec. En la región aflora una corriente

marina anormalmente caliente, originando un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del Norte desde el otoño hasta la primavera.

Los atractivos para el aprovechamiento de la energía eólica en esta región son los siguientes: el desarrollo se encuentra a nivel de tierra, evitando los altos costos que implica instalar aerogeneradores dentro del mar o en la cima de las montañas; la cantidad de horas al año con vientos; la dirección del viento es sensiblemente fija, una temporada larga de Norte a Sur y una temporada corta de Sur a Norte; clase de viento considerado como excelente por los expertos.⁷

6.1.2. Una historia tormentosa

En México, a finales de la década de 1980 y principios de la década de 1990, algunos actores comenzaron a unirse a la idea de instalar centrales eoloeléctricas en el Istmo de Tehuantepec. Entre ellos se incluían algunas empresas privadas y un grupo reducido de la CFE. En 1994 la Comisión Federal de Electricidad logró contratar la construcción de la primera central eoloeléctrica en México, misma que se ubicó en las inmediaciones del poblado La Venta, Juchitán, Oaxaca (Borja, Jaramillo, & Mimiaga, 2005) y que estuvo bajo la nueva Ley Agraria de 1992, al ofrecer condiciones superiores a los que marcaba la ley al otorgar un pago anual garantizado a los ejidatarios durante la vida útil del proyecto con mínima afectación a las actividades económicas de la comunidad (Sandoval-García, 2016).

Con las modificaciones a la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LSPEE) y la instalación de la central eoloeléctrica en La Venta, creció el interés de los inversionistas privados. Las publicaciones de CFE que mencionaron el logro de un factor de planta mayor que 50 % durante el primer año de operación de la central, fueron las que despertaron mayor interés tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Una cantidad considerable de desarrolladores de proyectos eoloeléctricos comenzaron a visitar el Istmo de Tehuantepec en busca de oportunidades de inversión. En los primeros años vinieron empresas

⁷Para la caracterización de la zona se utilizaron referencias de (Borja, Jaramillo, & Mimiaga, 2005), (Briones, 2008). (Valencia, 2011), (Arnés, 2014) y (Wikipedia, 2018).

estadounidenses, alemanas, danesas, belgas y japonesas. Las visitas a los ejidos por parte de los desarrolladores de proyectos fueron frecuentes y con el propósito de asegurar tierras para la posterior construcción de centrales eoloeléctricas (Borja, Jaramillo, & Mimiaga, 2005).

La experiencia antes mencionada y la instalación posterior de la planta de generación La Venta II en 2007, bajo condiciones similares de beneficio a la comunidad, permitieron abrir las puertas a diversos proyectos de inversión privada bajo un esquema de arrendamiento de terrenos ejidales. Esta situación, que en cierta medida provocó la dinámica de abusos hacia los pueblos originarios por diferentes empresas que, desde el punto de vista de las comunidades afectadas, trataban de pagarles un precio muy bajo por el uso de sus tierras, originó que, hasta finales del 2015, diversas comunidades enfrentaran una dura batalla contra proyectos público-privados que pretendían construir parques eólicos en la región del Istmo de Tehuantepec (Sandoval-García, 2016).

Las comunidades del Istmo viven en condiciones materiales muy difíciles, Oaxaca es uno de los estados más pobres del país, con serios problemas de desigualdad, exclusión y marginación. Al momento de negociar las empresas se aprovechan de esto, pues para muchos campesinos recibir alrededor de 15 mil pesos anuales es mucho más de lo que llegan a recibir con programas de gobierno cuando los hay, pero en realidad tampoco es la solución a su situación de pobreza. Las empresas no son ajenas a las condiciones precarias que enfrentan diariamente los ejidatarios de las comunidades y sólo están a la espera de que el gobierno haga lo suyo presionando a que los campesinos entren al Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE)⁸ y con ello cederle fácilmente las tierras a los inversionistas (Castañeda & Van der Fleirt, 2006).

Los desarrolladores eólicos resaltan la contribución de sus proyectos en términos de creación de empleos y adquisición de bienes y servicios en beneficio de la

⁸El PROCEDE es un programa del gobierno federal en donde la incorporación de núcleos agrarios es voluntaria y completamente gratuita para los beneficiarios del mismo, entre ellos los ejidatarios, comuneros, avecindados y posesionarios (INEGI, 2000).

población y empresas locales. Las etapas de operación y mantenimiento son menos intensivas en mano de obra por lo que la creación de empleos permanentes es reducida: las centrales eólicas en operación en Oaxaca en el 2013 empleaban alrededor de 300 personas, lo que representa un promedio de un empleo por cada tres aerogeneradores instalados. Para la población local los empleos en esta fase son pocos y, en general, de baja remuneración (Juárez-Hernández & León, 2014).

En su artículo, Juárez-Hernández y León (2014) referencian que la llegada masiva de proyectos eólicos al sureste de Oaxaca no ha tenido el efecto esperado en la mejora de las condiciones de vida de las comunidades locales. En municipios como Juchitán de Zaragoza, Asunción Ixtaltepec y Santo Domingo Ingenio, donde se ha concentrado el desarrollo eólico, de 2000 a 2010, habiendo ya proyectos en operación o en construcción, esos municipios mantuvieron un grado de marginación medio. Para las localidades, si bien algunas como La Venta y La Mata, conservaron un grado de marginación medio, otras como La Ventosa y Santo Domingo Ingenio pasaron de grado de marginación medio a alto.

Uno de los efectos sociales negativos de los proyectos eólicos ha sido acentuar las asimetrías socioeconómicas que comienzan a emerger entre quienes reciben pagos por arrendar sus tierras y aquellos que no los reciben o que ni siquiera poseen tierras. Esta situación genera tensiones y división al interior de las comunidades y con ello aviva el rechazo de sectores de la población local a los proyectos eólicos.

En la investigación que realizó Racilla (2013) en la población de la Venta, situada en la región del Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, se identificaron tres tipos de familias según el ingreso por las rentas de sus tierras: las beneficiadas, no beneficiadas y con apartado, las cuales presentan las siguientes características:

Características de las familias beneficiadas:

- La mayoría son ejidatarios.
- Tienen arrendadas sus tierras, por lo tanto, reciben ingreso.

- Las tierras arrendadas las pueden producir, mediante condicionantes, como por ejemplo, que los cultivos sean enanos.
- Cuentan con contrato de arrendamiento.
- Obtención de bienes: carros, casas, terrenos, ganado para engorda, etc.
- Los hijos asisten a escuelas particulares.
- Realizan viajes.
- Trabajan en el campo, pero la producción la venden.

Características de las familias no beneficiadas:

- Son ejidatarios.
- No tienen arrendadas sus tierras.
- Trabajan en el campo, su producción es para autoconsumo.
- Sus hijos asisten a escuelas públicas.
- Se dedican al comercio: ponen tiendas, comedores, etc.

Características de las familias con el apartado de sus tierras:

- Son ejidatarios.
- No está asegurado el arrendo de sus tierras.
- Han recibido un pequeño pago o apartado por sus tierras.
- No tienen un contrato de arrendamiento.
- Trabajan en el campo, su producción es para autoconsumo.

Barragán (2015) destaca en su artículo testimonios de personas de la comunidad de Oaxaca, donde se vive un proceso de descomposición social que está generando una pugna entre los mismos pobladores. Los parques eólicos tampoco han significado una fuente de empleo para la población, este es sólo temporal y los puestos son en su mayoría, sólo para peón. La gente que es contratada es la que está afiliada a la Confederación de Trabajadores de México (CTM) y de la Confederación Revolucionaria de Obreros y Campesinos (CROC), organizaciones apegadas a las acciones políticas del Partido Revolucionario Institucional (PRI).

En el 2005 se celebró el Foro Regional Parque Eólico del Istmo, donde se opusieron de manera rotunda al corredor eólico: la Unión de Comunidades

Indígenas de la Zona Norte del Istmo (UCIZONI), los Centros de Derechos Humanos Tepeyec y Gubiña XXI, entre otros. Las demandas formuladas se centraron en: la construcción y operación del corredor eólico por empresas privadas extranjeras, justificando que sería un acto de privatización y una violación a la Constitución, que establece como derecho perteneciente al pueblo mexicano la capacidad de generar y transmitir la energía generada; la reclamación de suspender la ejecución de las obras hasta que se realice una verdadera consulta a los pueblos vinculados; el respeto a la cultura y los derechos de los pueblos indígenas, anteponiéndolos ante cualquier proyecto; y el acceso a información fidedigna sobre el contexto, impacto y riesgos de la instalación del corredor.

Estas demandas están bien fundamentadas, pues hubo la ausencia de una consulta a los habitantes de las comunidades antes de construir el parque, no se realizaron estudios formales de impacto ambiental, siendo este territorio un corredor biológico, no se socializó con las comunidades para lograr un convencimiento de la necesidad de la instalación del parque eólico, por solo citar algunos ejemplos (Castañeda & Van der Fleirt, 2006).

Para los pueblos indígenas la cuestión de derechos sobre sus tierras no es tan sólo una relación de posesión, sino que constituye un legado cultural que transmiten de generación en generación, y esto constituye uno de los sustentos más importantes de la vida comunitaria. Es la base fundamental para la conservación de la cultura, la vida, la comunidad y el desarrollo de las etnias. Este derecho lleva implícito el uso y disfrute de los recursos naturales que se encuentren en el territorio y la capacidad de usufructuarlos directamente o por medio de terceros, siempre mediante el consentimiento de la comunidad, conforme a lo que establecen las normas internacionales para la protección de los derechos indígenas y en beneficio de ellas (Secretaría de Gobernación, 2013).

Un ejemplo es el proceso de consulta realizado en el municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, el 16 de octubre de 2014, donde se aprueba la tercera y última versión del “Protocolo de Consulta Previa, Libre e Informada, para el Desarrollo de un Proyecto de Generación de Energía Eólica, de conformidad con estándares del

Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo Sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes”, impulsado por el Órgano Técnico, el Órgano Garante , el Comité Técnico Asesor del proceso de consulta y titulares de la Secretaria de Energía como del Gobierno Estatal de Oaxaca (SRE, 2014). El objetivo de este protocolo es proponer las bases sobre las cuales se desarrollaría el proceso de consulta con la intención de alcanzar un acuerdo sobre la construcción y operación del parque eólico de la empresa Energía Eólica del Sur, con una superficie de 5,332 ha en Juchitán, Oaxaca, además de contar con cuatro propósitos:

1. Buscar que los derechos e intereses de los pueblos indígenas sean respetados y protegidos en el proyecto del parque eólico.
2. Entregar información previa y suficiente sobre el proyecto, incluyendo sus afectaciones e impactos hacia los derechos e intereses de los pueblos y comunidades indígenas.
3. Garantizar la participación del pueblo indígena zapoteco para alcanzar acuerdos frente a la realización del parque eólico y proponer medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales y sociales generados por la construcción del parque.
4. Alcanzar los acuerdos necesarios para la construcción y operación del parque eólico, tomando en cuenta los aspectos relacionados con la participación justa y equitativa en los beneficios socioeconómicos y culturales derivados del proyecto.

6.2. Conflicto de derechos

Los parques eólicos que se están desarrollando en el Istmo de Tehuantepec están generando consecuencias sociales negativas que sobrepasan los posibles beneficios que éstos generan y desechan los derechos humanos de las comunidades campesinas e indígenas que habitan la zona (AIDA, 2012).

Nahmad, Nahón y Langlé (2014) desarrollaron un estudio, desde un enfoque antropológico y social, en la región del Istmo de Tehuantepec, motivado por la falta de estrategias gubernamentales que regían los procesos de negociación entre los

posibles arrendatarios y las compañías desarrolladoras, pues negociar la renta de la tierra es un asunto medular. Con la investigación se identifica la necesidad de una oficina de atención social o entidad de vinculación que apoye a la población en los procesos de información, negociación, interlocución y diálogo. Este estudio, como los otros desarrollados por los autores en la región, se ha focalizado en tratar de conocer la posición asumida por los protagonistas sociales, así como sus necesidades, perspectivas y cuestionamientos.

Tanto la CFE como las empresas que han solicitado financiamientos al Banco Mundial o al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), han tenido que ceñirse a los requerimientos de estos organismos internacionales que solicitan un estudio de impacto social con mayor profundidad, que considere la mitigación de afectaciones y el derecho a la consulta e información. Algunos desarrolladores resguardan con cierto recelo estos estudios de impacto social, señalando que esta información es confidencial, aunque en páginas electrónicas aparece información al respecto (Nahmad, Nahón, & Langlé, 2014).

La construcción de las centrales eólicas en la región es liderada por empresas privadas, fundamentalmente extranjeras. Los intereses de estas empresas frecuentemente discrepan con los de las comunidades locales donde se pretenden erigir los proyectos. Ello se refleja en el descontento social creciente ante el despliegue masivo de aerogeneradores, luego de constatar que el desarrollo eólico no ha beneficiado en la medida esperada a los pobladores locales (Juárez-Hernández & León, 2014).

6.2.1. Derechos de las compañías

Se considera que los derechos de las compañías eoloeléctricas en México están en conexión con la Ley de la Industria Eléctrica, la cual le otorga a las compañías eléctricas, públicas o privadas, derechos explícitos e implícitos para realizar o llevar a cabo los proyectos que más les convengan (Ley de la Industria Eléctrica, 2014). Entre ellos se encuentran:

- Ocupar el área superficial, afectar la superficie de un terreno u obtener las “servidumbres necesarias”⁹ para construir plantas de generación de energía eléctrica, en aquellos casos en que, por las características del proyecto, se requiera de una ubicación específica (artículo 71). El argumento legal que justifica tal derecho es que la industria eléctrica se considera de “utilidad pública”.
- Tener la preferencia en el aprovechamiento de la superficie para realizar las actividades de transmisión (artículo 71). Tal derecho se les otorga porque la ley considera que la actividad de transmisión (realizada por un ente público o privado) es de interés social y orden público.
- Los dos derechos anteriores significan que las compañías tendrán derecho a ocupar los terrenos que necesiten para instalar centrales eléctricas y construir líneas para conectarlas a la red general de transmisión. Los poseedores de la tierra no podrán oponerse a la construcción y operación de centrales, ni al tendido de cables o a la instalación de cualquier otra infraestructura para la generación y transmisión de electricidad.
- Recordarles a los gobiernos estatales, municipales y delegacionales, que deben contribuir al desarrollo de los proyectos de generación y transmisión, de electricidad, garantizando que los permisos y autorizaciones, en el ámbito de su competencia, se otorguen de manera rápida.
- Obtener un contrato por escrito que le de acceso a los terrenos de su preferencia. Que sea un contrato negociado es lo de menos, a final de cuentas es un instrumento jurídico reconocido y validado por las autoridades, que le brinda a la firma protección. En efecto, el artículo 73 de la LIE establece la obligación de negociar un “contrato” que establezca los términos y las condiciones para el uso, goce o afectación de dichos terrenos¹⁰ entre la compañía y los propietarios o titulares de los terrenos.

⁹Una servidumbre es un derecho real que permite al titular de una servidumbre usar la propiedad sin tenencia ni posesión.<https://www.abogado.com/recursos/propiedades-inmobiliarias/servidumbres/servidumbres-infomacion-basica.html>

¹⁰Cuando se trate de propiedad privada se podrá convenirse la adquisición.

- Negociar los términos y condiciones del contrato en un ambiente de mercado, donde le es fácil imponer sus condiciones, gracias a un poder de negociación mucho mayor que el de la contraparte. La Ley equipara como iguales a las compañías y a los titulares de los terrenos a pesar de las enormes asimetrías que los separan.
- Seleccionar la modalidad contractual que más le convenga, porque la ley indica (artículo 74) que “dicha modalidad deberá ser idónea para el desarrollo del proyecto en cuestión, según sus características”¹¹. El único requisito legal es que dichas modalidades se sujeten a los lineamientos y a los modelos establecidos por la autoridad.
- Recurrir al Juez de Distrito en materia civil o Tribunal Unitario Agrario para que valide el contrato y le dé el carácter de “cosa juzgada”. Ello significa que los titulares de los terrenos no podrán, por ningún medio, impugnar el contrato con la finalidad de modificarlo. En otras palabras, una vez que los titulares de los terrenos asentaron su firma ya no se pueden desistir¹², ya no tienen ningún recurso legal para corregir o modificar un contrato por más desventajoso que este sea.
- Promover ante el Juez de Distrito en materia civil o Tribunal Unitario Agrario competente la constitución de una servidumbre legal, cuando la compañía no haya logrado llegar un acuerdo con los propietarios de los terrenos en un lapso de 180 días.
- Solicitar a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano una mediación entre las partes, que únicamente versará sobre las formas o modalidades de adquisición, uso, goce o afectación de los terrenos, así como la contraprestación que corresponda.

¹¹La ley permite las figuras de arrendamiento, servidumbre voluntaria, ocupación superficial, ocupación temporal, compraventa, permuta y cualquier otra que no contravenga la ley

¹²La cosa juzgada es el efecto impeditivo que, en un proceso judicial, ocasiona la preexistencia de una sentencia judicial firme dictada sobre el mismo objeto. Es firme una sentencia judicial cuando en derecho no caben contra ella medios de impugnación que permitan modificarla. Este efecto impeditivo se traduce en el respeto y subordinación a lo decidido sobre lo mismo, en un juicio anterior. Por ello también se le define como la fuerza que atribuye el derecho a los resultados del proceso. Habitualmente se utiliza como un medio de defensa frente a una nueva demanda planteada sobre idéntico objeto que lo fue de otra controversia ya sentenciada, y que le cierra el paso. https://es.wikipedia.org/wiki/Cosa_juzgada

- Obtener una servidumbre legal por vía jurisdiccional o administrativa y a que las controversias sean tratadas únicamente en tribunales federales (artículos 81 y 82). La servidumbre legal comprenderá el derecho de tránsito de personas; el de transporte, conducción y almacenamiento de materiales para la construcción, vehículos, maquinarias y bienes de todo tipo; el de construcción, instalación o mantenimiento de la infraestructura o realización de obras y trabajos necesarios para el adecuado desarrollo, operación y vigilancia de las actividades, así como todos aquellos que sean necesarios para tal fin.
- Podrán realizar, directa o indirectamente, conductas o prácticas abusivas, discriminatorias o que busquen influir indebidamente en la decisión de los propietarios o titulares de los terrenos, bienes o derechos, durante las negociaciones y los procedimientos legales, pero en no más de una ocasión¹³.

6.2.2. Derechos de las comunidades

A partir de la LIE (Ley de la Industria Eléctrica, 2014), también se determina los derechos de las comunidades, que pueden estar explícitos o implícitos en el documento. Se pueden citar:

- En el artículo 73 se alude que los propietarios o titulares de los terrenos, bienes o derechos (reales, ejidales o comunales) y los interesados en realizar las actividades, pueden negociar y acordar la contraprestación, los términos y las condiciones para el uso, goce o afectación de los terrenos, bienes o derechos necesarios para realizar dichas actividades. En el apartado también se resalta que lo dispuesto anteriormente será aplicable respecto de los derechos que la Constitución, las leyes y los tratados

¹³“Artículo 87. Los interesados en realizar las actividades a que se refiere el artículo 71 de esta Ley se abstendrán de realizar, directa o indirectamente, conductas o prácticas abusivas, discriminatorias o que busquen influir indebidamente en la decisión de los propietarios o titulares de los terrenos, bienes o derechos, durante las negociaciones y los procedimientos a que se refiere el presente Capítulo. En los casos en que se acredite que dichos interesados incurran en las conductas señaladas en este artículo en más de una ocasión, los permisos o autorizaciones otorgados para la realización de las actividades mencionadas podrán ser revocados”.

internacionales suscritos por el Estado Mexicano, reconocen a las comunidades indígenas.

- Según las disposiciones del artículo 74, el propietario o titular del terreno deberá recibir por escrito del interesado, el interés de usar, gozar, afectar o, en su caso, adquirir terrenos, bienes o derechos. Las dudas y cuestionamientos del propietario o titular del terreno deben ser atendidas por el interesado, quien deberá mostrar y describir el proyecto que planea desarrollar y atender. En los procesos de negociación se pueden prever la participación de testigos sociales.
- Los titulares de los terrenos, bienes o derechos tendrán la posibilidad a que la contraprestación cubra el pago de afectaciones, daños y perjuicios que pueden sufrir con motivo del proyecto a desarrollar, así como la renta por concepto de ocupación, servidumbre o uso de la tierra (artículo 74). La contraprestación que se acuerde debe ser proporcional a los requerimientos de ambas partes.
- Los ejidatarios o comuneros que tengan reconocidos derechos de manera individual, se les debe entregar directamente la contraprestación respectiva por la adquisición, uso, goce o afectación de tales derechos, así queda recogido en el artículo 75. También se estipula que los ejidatarios, comunidades o comuneros podrán solicitar la asesoría y, en su caso, representación de la Procuraduría Agraria en las negociaciones.
- En el artículo 117 queda reflejado que los principios de sostenibilidad y respeto de los derechos humanos de las comunidades y pueblos deben ser considerados en la implementación de proyectos de infraestructura, tanto del sector público como privado.
- Los grupos sociales en situación de vulnerabilidad deben ser contemplados en la ejecución de proyectos de infraestructura en la industria eléctrica, con el fin de que se implementen las acciones necesarias para salvaguardar sus derechos (artículo 118).
- Se deben llevar a cabo los procedimientos de consulta necesarios y cualquier otra actividad necesaria para salvaguardar los intereses y

derechos de las comunidades y pueblos indígenas en los que se desarrollen proyectos de la industria eléctrica (artículo 119).

6.3. Tipología de conflictos

Las instituciones (tanto públicas como privadas) involucradas en el megaproyecto del Istmo, conocen y saben anticipadamente, por medio de estudios, sobre: los efectos negativos que generan sobre la sociedad dicha infraestructura, de los resultados rentables que se obtendrían de aprovechar ese potencial, de su relación con el marco legal vigente de aprovechamiento de fuentes de energía renovables y, sobre todo; del “problema” que representa que la mayoría de las tierras por las cuales circula todo ese potencial sea de carácter social, o que pertenezcan a comunidades indígenas.

Los proyectos eólicos han avanzado y las empresas interesadas en el negocio energético han aumentado a pesar de la oposición que desde 2008 empezaba a germinar por los contratos leoninos que las empresas a través del engaño hacían firmar a los campesinos (Olmos, 2015).

Los conflictos se han agravado principalmente por aspectos como iniquidad en los contratos, despojos de las tierras, falta de consulta, medidas agresivas de las compañías, impactos ambientales y ausencia o colusión de las autoridades con los inversionistas, los cuales serán vistos a continuación.

6.3.1. Por iniquidad en los contratos

Olmos (2015) refiere que los contratos están redactados de forma confusa y con un lenguaje técnico que difícilmente puede entender una persona no solamente no familiarizada con la firma de un contrato, sino de una persona cuya vida ha estado directa y mayoritariamente ligada al campo. Además, el autor subraya que cientos de campesinos han entregado sus tierras a las compañías eólicas que operan con ofertas de contratos muy parecidos; mediante los cuales el propietario entrega prácticamente su terreno a cambio de unos cuantos pesos.

El contrato establece lineamientos que permiten un uso agresivo de la parcela, ya que no solamente se autoriza la instalación de un generador eléctrico, sino que se

le permite a la empresa hacer un uso indiscriminado de la tierra debido a que no sólo se instalarán las torres que soportan a cada aerogenerador, sino que se da la posibilidad de que construyan también torres para el monitoreo de las condiciones del viento o torres para canalizar el flujo eléctrico generado.

En el documento de Catañeda y Van der Fleirt (2006) se explica que los contratos que se ofertaban se dividían en dos etapas, la primera, en asegurar la tierra por parte del inversionista y pagar un costo bajo aproximadamente de \$125 MXN por hectárea; y la segunda, que una vez que estuvieran operando los aerogeneradores los propietarios recibirían el 1.5 % de los ingresos que genere el parque por vender la energía producida. Este pago, como porcentaje de las ganancias, convertía a los campesinos en socios con riesgos compartidos. Se tenía poca información sobre el monto que se les daba a los ejidatarios, especulándose que los pagos mensuales eran de \$2,000 MXN.

En el 2008, de los cerca de 1,500 campesinos que arrendaron sus terrenos para el Corredor Eólico de Tehuantepec, el 20 % trataban de revertir los contratos por considerar exiguas las retribuciones. La Asociación Mexicana de Energía (AME) estimó que existían alrededor de 4,000 hectáreas en litigio en La Ventosa por los proyectos eólicos, cuyos propietarios deseaban cancelar los contratos vigentes. En Juchitán, los campesinos marcharon para interponer ante el juzgado civil 94 demandas de nulidad de contratos con las empresas españolas, sumando 205 demandas en ese municipio y en Unión Hidalgo. El argumento era que los contratos estaban amañados y que los campesinos no fueron consultados ni tenidos en cuenta como lo establece el artículo 169 de la OIT (Déniz, de la Rosa, & Verona, 2012).

Olmos (2015) también destaca que los contratos firmados sujetan a los campesinos a no hacer modificaciones o instalar obstáculos, materiales o animales, que impidan la operación de los aerogeneradores; sin embargo, aunque pueden hacer el uso acostumbrado de sus terrenos o realizar cualquier tipo de construcciones o mejoras, éstas paradójicamente tendrán que ser autorizadas por la empresa, en la que medie una solicitud de autorización por escrito, y en donde

dichas construcciones o mejoras no obstaculicen ni obstruyan las corrientes de viento, no interfieran con las instalaciones, no impidan el paso por los terrenos, ni que tampoco sean incompatibles con el uso que las empresa le esté dando o pretenda dar al terreno.

La “generosidad” de la empresa también se hace ver cuando dentro de los contratos se especifican que en dado caso exista alguna afectación, la compañía pagará -previo avalúo económico- cualquier afectación que se genere por la realización de sus obras y que perjudiquen o dañen la siembra, el ganado, los corrales o algún pozo. Los propietarios son los que más pierden dentro de esta relación contractual ya que durante la vigencia del contrato, aun siendo los dueños de la tierra, no pueden sembrar árboles que excedan el metro y medio de altura, hacer construcciones que rebasen ese mismo nivel, ni tampoco excavar o hacer pozos que sirvan para sembrar su parcela (Déniz, de la Rosa, & Verona, 2012).

Otro de los aspectos se refiere a los compromisos que se adquieren una vez terminado el contrato. Según éstos, la firma se compromete a restablecer la calidad del suelo ocupado; así como retirar todas las estructuras y equipos que pudieran impedir las actividades que el propietario venía desarrollando. Esto en apariencia restituye al propietario su tierra en las condiciones originales en las cuales estaba antes de la ocupación por parte de la empresa eólica.

Hay dos cosas que no se mencionan en el contrato, la primera de ellas es que no se establece una fianza para garantizar dicho compromiso, y la segunda es que en realidad no se habla de los alcances de dicho compromiso pues los cimientos de un aerogenerador, es decir, la estructura de varilla y concreto miden al menos treinta metros de diámetro por cuarenta metros de profundidad, pesan varias toneladas; por lo que la interrogante es que si también será retirada una vez que deje de operar el parque eólico (Olmos, 2015).

En cuanto a los pagos involucrados en la instalación de un parque eólico para los dueños de los terrenos afectados, estos difieren de una empresa a otra; e incluso de una zona a otra. En el caso documentado del contrato de Demex (Desarrollos Eólicos Mexicanos, S.A. P. I. de C. V., filial de la trasnacional española *Renovalia*

Energy), se dice que la empresa pagará al propietario 5 mil pesos por año por la instalación de cada torre de medición del viento; 15 mil pesos anuales por cada aerogenerador ubicado en el terreno y 10 mil pesos por hectárea de caminos.

Mientras el parque eólico no entre en operación comercial, dicho pago será sólo de 250 pesos anuales de renta por hectárea a los que tengan más de cuatro hectáreas, y mil pesos a los que tengan una superficie menor. Como los contratos están hechos para beneficiar solamente a una de las partes, en el caso por ejemplo del pago de 10 mil pesos por hectárea por la afectación por un camino, este pago se vuelve relativo, pues si un camino solo afecta a una porción del terreno, el pago se hará exclusivamente por dicha porción lineal, no por la hectárea o hectáreas por las que pase (citado por Olmos, 2015).

Los ejidatarios de La Ventosa se quejan por la falta de transparencia de las compañías, afirman que, durante los seis primeros meses tras la puesta en funcionamiento del Parque en La Ventosa, Iberdola no estaba pagando lo convenido. Sin embargo, la compañía declara que los pagos fueron bajos pues solo operaron cinco aerogeneradores de los 84 existentes, los campesinos a cambio, solicitaron que se les mostrase mensualmente la tabla de generación eoloeléctrica y la revisión del contrato cada cinco años (Déniz, de la Rosa, & Verona, 2012).

6.3.2. Por despojo de las tierras

La forma centralizada de explotar las fuentes de energía renovables provoca la reducción del impacto positivo en el desarrollo social. Este modelo de desarrollo incluso llega a afectar directamente a comunidades a través del desplazamiento forzado de habitantes del territorio en que se planea establecer el proyecto e indirectamente, mermando la posibilidad de satisfacer las necesidades básicas para la supervivencia y, en definitiva, obligando a los afectados a emigrar de sus lugares de residencia (Mendoza & Pérez, 2010).

En México, según Zárate y Fraga (2016), se dice que más de 70 % de las tierras se consideran propiedad social bajo dos esquemas de regulación: tierras comunitarias y ejidos. Los parques eólicos en el Istmo se han construido sobre

tierras ejidales de las localidades de La Venta, La Ventosa, La Mata y Santo Domingo Ingenio, y sobre tierras comunitarias del municipio de Juchitán.

La reforma constitucional en 1992 (impulsada por Carlos Salinas) abre la posibilidad de ejercer el dominio pleno sobre la tierra (privatización), ningún ejido o comunidad implicado en el área en dónde se desarrolla el proyecto eólico había solicitado, hasta mediados del año 2000, el cambio de régimen de propiedad. Por esa razón, los desarrolladores advierten sobre la “complejidad jurídica de usufructuar tierras de propiedad social”.

La regulación de la tenencia de la tierra está determinada por el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y su ley reglamentaria, en los cuales quedan definidas las tres formas de tenencia de la tierra: propiedad privada, ejidal y comunal. En la región del Istmo de Tehuantepec se encuentran estos tres tipos de tenencia de la tierra y los ejidos constituyen el mayor número de unidades agrarias, sin embargo, la superficie de los bienes comunales es mayor.

Las reformas en 1992 al artículo 27 consisten en dar certidumbre jurídica en el campo, promover su capitalización, proteger y fortalecer los núcleos agrarios mediante el otorgamiento de rango constitucional a las formas de propiedad ejidal y comunal de la tierra. La legislación agraria de 1992 reglamentó la propiedad de las tierras dedicadas a las actividades agrícolas, pecuarias y forestales del país, la vida de los núcleos de población ejidales y comunales y las formas de relación y de asociación de los productores rurales, las instituciones gubernamentales que tendrán relación con el agro y la manera de impartir la justicia agraria. Algunas de las actividades derivadas de lo anterior se enmarcan dentro del PROCEDE (INEGI, 2000).

Catañeda y Van der Fleirt (2006) destacan es su informe que a través del PROCEDE se busca *“dar certidumbre jurídica a la tenencia de la tierra, a través de la entrega de certificados parcelarios y/o certificados de derecho común, ambos, según sea el caso, así como de los títulos de solares a favor de los individuos, con derechos que integran los núcleos agrarios que así lo aprueben o lo soliciten.”*

La crítica que se hace en este programa federal, es que el PROCEDE provoca enajenar la tierra, para ceder los derechos y convertirla en propiedad privada. Una vez que las comunidades ya cuentan con el PROCEDE los empresarios empiezan a negociar los contratos de arrendamiento. La forma de funcionar varía; no hay uniformidad de negociación, cada empresa es libre de ofrecer al ejidatario lo que considere conveniente mediante un contrato de renta entre el que posee la tierra y el que la quiere rentar (socio privado) y con una duración entre 20 ó 25 años. Esto es para permitir a la empresa usar los terrenos en donde se instalarán los aerogeneradores a cambio de un pago por concepto de renta.

Los contratos se realizan en condiciones de clara desventaja para los propietarios porque permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse por otros 30, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por los parques eólicos al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea arrendada. En este contexto, muchos grupos han demandado la nulidad definitiva de los contratos de arrendamiento de las tierras (Trobo, 2013).

Para las comunidades oaxaqueñas la implementación de estos megaproyectos ha significado, de acuerdo con sus propias palabras, “una etapa de reconquista”: las empresas, en su mayoría españolas, requieren de grandes extensiones de tierra y mar para realizar sus actividades. Los comunitarios afirman que, en “coalición” con autoridades municipales, estatales y federales, han “despojado a la gente de sus tierras”, y modificado sus tradiciones, creencias y actividades económicas. Luego de enfrentamientos entre pobladores, policías y grupos paramilitares, esta comunidad ha optado por declararse autónoma, tras haber expulsado a las autoridades municipales de la zona e implementar una policía comunitaria (Barragán, 2015).

6.3.3. Por falta de consulta

Desde el inicio de la planificación del Proyecto Eólico (a finales de los años 80) hubo algunas iniciativas del gobierno de Oaxaca para definir lineamientos claros de arrendamiento. Para ello, el gobierno de ese estado encargó a un equipo de

expertos estadounidenses una consultoría denominada *Información sobre arrendamiento de tierras y potencial de generación de los empleos relacionados con el desarrollo de proyectos eoloeléctricos en México*.

Además de llegar tarde a las comunidades, cuando las empresas y los campesinos habían firmado contratos de reserva y/o renta de la tierra, los resultados, que se basaron en información sobre renta de la tierra de otros lugares del mundo, no fueron considerados por las autoridades del estado de Oaxaca, debido a que no se relacionaban con la realidad del Istmo. Así, para tratar el tema de la renta de la tierra, los desarrolladores se reunieron entre ellos, en el seno de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) y establecieron las tarifas que podían pagar por el usufructo de la tierra (Zárate & Fraga, 2016).

En los inicios del proyecto del Corredor Eólico, ni el gobierno mexicano ni la Unión Europea tomaron en cuenta lo que se establece en el Convenio 169:

“los gobiernos deberán consultar a los pueblos interesados cada vez que prevean medidas susceptibles de afectarles directamente y establecer los medios a través de los cuales puedan participar libremente en la adopción de decisiones en instituciones electivas y otros organismos. Asimismo, se reitera que los pueblos indígenas y tribales deberán tener el derecho de decidir sus propias prioridades en lo que atañe al proceso de desarrollo, en la medida en que éste afecte sus vidas, creencias, instituciones y bienestar espiritual y a las tierras que ocupan o utilizan de alguna manera, y de controlar, en la medida de lo posible, su propio desarrollo económico, social y cultural. Dichos pueblos deberán participar en la formulación, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo nacional y regional susceptibles de afectarles directamente” (Castañeda & Van der Fleirt, 2006).

En el caso de Oaxaca, las empresas eólicas limitan la información sobre sus proyectos a algunos aspectos técnicos, enfocándose en lo referente a los pagos por el usufructo de las tierras, al tiempo que desestiman o eluden hablar sobre sus eventuales efectos adversos. La información llega sólo a los propietarios de las tierras dentro de los polígonos de los proyectos; el resto de los habitantes, aun

siendo de la misma comunidad, no recibe información alguna. Además, las empresas no revelan cuestiones clave como el precio al que venderán la electricidad y los términos en que será distribuida, limitando con ello las posibilidades de los dueños de las tierras de negociar una repartición más equitativa de las ganancias (Juárez-Hernández & León, 2014).

Déniz, de la Rosa y Verona (2012) reseñan que a pesar del papel estratégico otorgado a las energías alternativas y en especial a la eólica, en el caso concreto de Oaxaca el gobierno ha sido cuestionado tanto por algunas comunidades agrarias como por las propias compañías extranjeras. Así, líderes campesinos han sostenido que el gobierno estaría violando el Convenio 169 de la OIT, al negar a los indígenas el derecho a la consulta y a participar en el uso, administración y conservación de los recursos naturales, como también parece estar sucediendo en otras zonas de gran relevancia indígena como Wirikuta¹⁴.

Catañeda y Van der Fleirt (2006) refieren que nunca se tomó en cuenta a las comunidades para la realización del Corredor Eoloeléctrico del Istmo, pues los ejidatarios sólo supieron de éste cuando las empresas empezaron a ofrecerles dinero; entonces algunos, motivados por las necesidades materiales, respondieron de inmediato sin analizar el fondo del asunto. Otros sí se acercan a la organización o a sus comisariados ejidales para preguntar si firman los contratos o no, los cuales eran muy desiguales.

En el Reporte de Manejo Ambiental y Social del megaproyecto eólico del consorcio multinacional Mareña Renovables, en tierras comunales de San Dionisio del Mar, Oaxaca, en el 2011, se afirma que se había realizado un proceso de consulta entre los grupos indígenas conforme a las leyes mexicanas y los principios del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y que no existía oposición al proyecto de parte de estos grupos y que se aprobaron acuerdos sobre el usufructo de las tierras respetando la propiedad y derechos sobre las mismas.

¹⁴Uno de los territorios más sagrados de su cultura ya que, según sus creencias, la creación del mundo ocurrió en dicho sitio. Comprende 140 mil hectáreas pertenecientes al Estado de San Luis Potosí y desde 1998 forma parte de la Red Mundial de Sitios Sagrados Naturales de la UNESCO (Best, 2001).

Los comuneros indígenas de San Dionisio del Mar denunciaron que no hubo tal consulta, como tampoco acuerdos para el uso de 1,643 ha de sus tierras comunales hasta por 30 años para el proyecto. Los comuneros inconformes emprendieron una campaña para impedir la construcción del proyecto que devino conflicto social que escaló en los primeros meses de 2012, paralizando las obras preparativas del proyecto que estaba previsto entrara en operación antes de concluido el 2013 (Juárez-Hernández & León, 2014).

El proyecto Mareña ha contribuido a perfeccionar e intensificar la resistencia al paradigma actual de desarrollo eólico de México por varias razones, entre ellas que es visto por sus críticos como la personificación de una falta general de transparencia en el proceso, además de que ha cambiado de nombre y forma varias veces desde que se inició en 2003 (Howe, Boyer, & Barrera, 2015).

En octubre de 2015 se expidió una orden judicial a favor de los miembros de la comunidad indígena zapoteca en Juchitán para detener a Energía Eólica del Sur. La demanda argumentaba que el gobierno no consultó de manera adecuada al pueblo indígena de Juchitán acerca del proyecto eólico, lo cual es una obligación bajo la ley de hidrocarburos de 2014. Algunos abogados de derechos humanos y académicos dijeron que la consulta también tuvo otros defectos: las reglas no eran claras; no todos los documentos se tradujeron al zapoteco y los activistas habían sido amenazados por aliados de los políticos locales o del consorcio (Burnett, 2016).

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorgó un permiso anticipado a la trasnacional francesa *Electricité de France* (EDF) en junio de 2017 para la generación de energía eólica por conducto del parque eólico “Gunaa Sicarú”, dentro del territorio de Unión Hidalgo. La comunidad exigió que el Estado mexicano le informe sobre posibles permisos que haya otorgado a la trasnacional y que mientras no hayan sido debidamente consultados ni consentidos por los pueblos, los dejen sin efecto. El Estado mexicano está obligado a garantizar a la comunidad indígena zapoteca de Unión Hidalgo certeza jurídica y respeto a sus

derechos humanos, así como la garantía de sus derechos como pueblos indígenas (Concha, 2017).

6.3.4. Por las medidas agresivas de las compañías

Pese a que las empresas han realizado sus proyectos a capa y espada y que constantemente arremeten contra sus opositores acusándolos de estar en contra del progreso, la realidad es que el prometido desarrollo se traduce en irregularidades en la construcción de parques, la intimidación generalizada y la falta de una consulta verdadera; además es necesario sumar a esta lista de abusos la omisión del pago de impuestos locales como el uso de suelo en el municipio y las licencias de construcción de las empresas presentes en el Istmo.

El problema se acentúa debido a la imposición del proyecto por parte de los grandes capitales, que desde instancias federales son los que asignan, definen y rediseñan la nueva geografía energética del Istmo de Tehuantepec, recurriendo a prácticas violentas, difamatorias y denigrantes dirigidas contra la población local. Tienen como estrategia intimidar a las comunidades, callar sus inconformidades, ocultarlas a la opinión pública o descalificarlas. (Olmos, 2015).

Demex y su filial española, *Renovalia Energy*, llegaron a Unión Hidalgo en 2005 con la intención de construir un parque eólico de 2 mil hectáreas llamándolo Piedra Larga. Según los comuneros, en un primer momento, en el 2007, la empresa llegó acaparando terreno, apartando casa por casa, a través de unas muchachas edecanes que acosaban a los propietarios, cuando no lograron reunir las hectáreas, llegó la rifa de los aerogeneradores en 2009, regalaban boletos para una camioneta Nissan y otras regalías a las personas que firmaran, un año después hicieron la vela del aerogenerador, igual le regalaban 10 cartones de cerveza a los que firmaban, se ofrecieron puestos de trabajo, que tampoco fueron cumplido, además de decir que los pagos eran mensuales, y sólo pagar 250 pesos por hectárea anuales (Ramos, 2017).

Al otorgarle el permiso a *Electricité de France*, las autoridades federales pasaron por alto que desde 2004 la comunidad de Unión Hidalgo, acompañada por el Proyecto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales AC (ProDESC), inició

una defensa legal y pacífica, en tribunales agrarios, y que conformó el Comité de Resistencia por la creación del parque eólico de Demex, con el fin de recuperar su tierra comunal, la que por medio de engaños y hostigamientos fue adquirida por la empresa como propiedad privada, con una vigencia de más de 30 años (Concha, 2017).

Algunas de las malas prácticas manifestadas por las compañías y reflejadas por Olmos (2015) en su investigación son las siguientes:

- Los acuerdos firmados entre la empresa y los campesinos se realizan sin haber facilitado la información suficiente a los últimos sobre las implicaciones jurídicas del mismo.
- Los contratos que se les hace firmar son en castellano, cuando la mayoría de los campesinos son indígenas zapotecos (binnizá) y huaves (ikoots) y en el momento de la firma no cuentan con un traductor o asesor de su elección que los oriente sobre las nuevas obligaciones y derechos adquiridos.
- Se ha documentado que a partir del engaño, muchos indígenas, sin saberlo, terminaron cediendo los derechos de sus tierras a las empresas transnacionales.
- La firma de dicho convenio se hace bajo presiones de los mismos personeros de las empresas o de familiares que ya han cedido (bajo la promesa de parte de la empresa de un estímulo económico adicional) y que teniendo idea o no de las implicaciones, influyen para concretar el cierre del contrato y de esta forma sumar más tierras que permitan realizar el proyecto.
- La presión por obtener la firma en diversos casos se hizo casa por casa (lo que evita realizar asambleas en comunidades que regularmente ponen bajo escrutinio común, los proyectos que les puedan afectar); durante la noche o incluso en días festivos, donde el ingrediente adicional para obtener su firma era ofrecerles dinero (mil pesos) en el momento de la firma, que posteriormente sin saberlo, les serían descontados de los pagos que en el futuro se les hicieran.

Estas prácticas ampliamente denunciadas por las diferentes organizaciones indígenas como la Asamblea de los Pueblos Indígenas del Istmo de Tehuantepec en Defensa de la Tierra y el Territorio (APIITDTT) y otras organizaciones sociales como el Proyecto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Prodesc) y el Proyecto sobre Organización, Desarrollo Educación e Investigación (Poder) han sido también documentadas. La firma de contratos se hace sin un proceso de consulta previa, libre e informada, tal cual se establece en el Convenio 169 de la OIT, así como la Declaración de Derechos de los Pueblos Indígenas de la Organización de las Naciones Unidas. Esto finalmente constituye una violación a los derechos colectivos de los pueblos indígenas (Olmos, 2015).

El pago de derechos por licencia de funcionamiento de los parques eólicos es uno de los incumplimientos de las empresas y que ha generado problemas. Como destaca Manzo (2017) las empresas localizadas en el municipio de Juchitán, donde se concentra prácticamente la mitad de los parques eólicos de Oaxaca, no han cumplido con el pago según la Ley de Ingresos del municipio. Esta situación pone en compromiso la aceptación de nuevos proyectos en la zona, en donde se han detenido proyectos eólicos por demandas de los ciudadanos.

Una de las críticas hechas con frecuencia a “Renovables Mareña”, que a pesar de ser un proyecto ecológicamente relevante y con sólidas bases financieras ha terminado fracasando al encontrarse con inesperados niveles de resistencia local, es que ha buscado, como muchos otros promotores eólicos, hacer avanzar su proyecto a través de la manipulación de las autoridades locales en lugar de generar proyectos que busquen crear consenso con toda la comunidad. La empresa niega fervientemente estas afirmaciones. En ciertos aspectos Mareña aumenta las dudas y críticas que ya han sido dirigidas hacia el desarrollo eólico de Oaxaca, incluyendo la manipulación de autoridades, irregularidades/corrupción y la profundización de la desigualdad social.

Este proyecto representa un hito al ser el primero en construirse sobre tierra comunal, en impactar varias comunidades al mismo tiempo y en situarse cerca de comunidades de pescadores en vez de comunidades agrarias y ganaderas, algo

no antes visto en la región. Tales factores se han combinado para crear un contexto en el cual los grupos de resistencia locales pudieran unificarse formando una red regional.

Este movimiento de resistencia “antieólica” en el Istmo de Tehuantepec ha demostrado ser, por mucho, la causa más inmediata del fracaso del proyecto Mareña, que ha sido señalada por varios miembros de alto rango del gobierno del estado de Oaxaca como la peor empresa que conocían en términos de estas prácticas. Esto apunta a un área general de descontento: el reclamo de que el desarrollo eólico en el Istmo ha ido acentuando la desigualdad social, la polarización política y la violencia al quitarle prioridad a los beneficios sociales generales y otorgarle en cambio beneficios a terratenientes y autoridades (Howe, Boyer, & Barrera, 2015).

Según las referencias de Howe, Boyer y Barrera (2015), muchos istmeños han llegado a tener dudas acerca de los beneficios del autoabastecimiento a través del desarrollo eólico. Algunos han llegado a exigir una indemnización por el uso de la tierra más allá de los alquileres, otros afirman haber sido engañados o presionados a firmar contratos por agentes del gobierno o de los promotores, y algunos niegan por completo la validez del megaproyecto de desarrollo en su conjunto.

La presencia policíaca en San Dionisio del Mar y San Mateo del Mar, que son los dos únicos accesos a la barra Santa Teresa, uno de los principales objetivos de Mareña Renovable, ha aumentado, tanto de elementos que resguardan los parques eólicos como de grupos paramilitares. Esto se ha evidenciado ya que dentro de las comunidades que se encuentran en resistencia, han brotado pequeños focos de gente que se dice dispuesta a vender sus tierras, pero que están siendo financiadas por las autoridades con los recursos que San Dionisio del Mar.

En las personas hay inseguridad, no tienen una certeza de qué hacer, sin embargo, están convencidos totalmente de que este tipo de proyectos megaeólicos, no les van a beneficiar; por el contrario, saben que les quitarán su

forma de vida, como lo es la pesca, porque no podrán pasar porque habrá generadores eólicos, ya dijeron que no habrá derecho de paso, ahora tendrán que caminar dos horas de trayecto para llegar a una zona en que les permitan realizar sus actividades (Barragán, 2015).

6.3.5. Por los impactos ambientales

El tema de los pagos iniciales mientras dure la construcción o durante el funcionamiento de los parques, es uno de los aspectos que puede variar fácilmente de un municipio a otro, o más bien, de una zona a otra. Por ejemplo, indígenas campesinos han denunciado que en el caso del parque eólico Piedra Larga, la empresa constructora Demex les paga \$1.00 (un peso) por metro cuadrado de tierra afectada por las obras de construcción. Las empresas eólicas invierten miles de millones de dólares en los proyectos, pero en las afectaciones a las tierras de los campesinos, que son la base para poder explotar todo el potencial eólico del Istmo, les pagan menos de ocho centavos de dólar por metro cuadrado de tierra afectada (Olmos, 2015).

Con respecto al impacto ambiental, se ha encontrado que las personas perciben que es elevado el número de aves muertas en las aspas de los aerogeneradores y que son frecuentes los derrames de aceite sintético, solvente y pinturas en su mantenimiento, pero que para confirmar esta percepción, o descartarla, es necesario hacer mediciones directas en la zona, sobre el número de aves muertas y tomar muestras del subsuelo para analizarlas en el laboratorio (Agatón, Santiago, Sautto, & Montaña, 2016).

El Servicio Internacional para la Paz (SIPAZ, 2013) destaca que entre las afectaciones e impactos ambientales de los proyectos eólicos en el Istmo se encuentra la destrucción del hábitat y de la diversidad. Según datos del Banco Mundial, en tan sólo un año, el parque eólico de La Venta II ocasionó la muerte de unos 9,900 ejemplares de animales (principalmente aves y murciélagos) al colisionar con las aspas de las turbinas aerogeneradoras del parque.

También se denuncia que proyectos eólicos como los de Barra de Santa Teresa o Bii Hioxho, ubicados en la zona acuífera de la Laguna Superior, pueden poner en

grave peligro la flora y fauna del ecosistema de manglar que se localiza en esta área y que, además de proveer de vida a un gran número de especies acuáticas y aves, representa la base del sistema productivo y alimenticio de las comunidades de pescadores que circundan a la laguna.

6.3.6. Por ausencia o colusión de las autoridades con los inversionistas

Las modificaciones que ha sufrido el marco legal aplicable a la energía renovable, a través de nuevos contratos de interconexión y la creación de un marco jurídico que destaque las ventajas de esta tecnología, han permitido que el país avance con pasos firmes hacia el desarrollo de esta industria y de nuevas herramientas que permitan ampliar la participación y el entendimiento de la energía eólica en el beneficio del país (Secretaría de Gobernación, 2009).

Sin embargo, las autoridades locales, estatales y federales se han desentendido de los intereses de las comunidades o del ejidatario que en muchas ocasiones no saben leer ni escribir, y que no cuentan con una asesoría jurídica ni un acompañamiento técnico. El Estado los deja a merced de los empresarios que al final de cuentas actúan con fines de lucro y no de generación de bienestar social (Castañeda & Van der Fleirt, 2006).

Juárez-Hernández y León (2014) comentan que en el Istmo prevalecen las formas de propiedad social de tal suerte que lo concerniente a las tierras lo resuelve la Asamblea del ejido o comunidad agraria conforme a lo establecido en la Ley Agraria. Si bien las empresas reconocen que esta forma de propiedad les ofrece ciertas ventajas como la posibilidad de acceder relativamente rápido a grandes extensiones de terreno, también les representa un inconveniente pues se ven obligadas a negociar con comunidades enteras o grupos numerosos de propietarios.

Entre las estrategias de las empresas para sortear esta dificultad está la de recurrir al presidente del comisariado ejidal o de bienes comunales para que realice labores de convencimiento entre los pobladores aprovechando la fuerte influencia que ejercen en sus comunidades. La colaboración de estas autoridades

locales con las empresas llega a ser tan estrecha que a menudo se cuestiona su fidelidad a los intereses de las comunidades que representan.

En el artículo de Concha (2017) se enfatiza que el otorgamiento de permisos sin consulta es un acto que concretiza una visión de Estado, cuyo centro está en favorecer los intereses de los grupos empresariales, por encima de los derechos de las comunidades. Con la posible llegada de nuevas empresas transnacionales de energía eólica, la comunidad se ha visto obligada a invertir más esfuerzos para interponerse con el propósito de exigir a las autoridades que se consulte a la comunidad, antes incluso de cualquier acto administrativo, y durante cada una de las fases que impliquen la implementación de proyectos, de conformidad con los más altos estándares internacionales de derechos humanos.

En el aspecto social se ha observado un aumento de la división de los ejidos, se ha incrementado la corrupción de los dirigentes sociales y se percibe que los beneficiados de estos megaproyectos son las empresas transnacionales y en pequeña medida las comunidades. En lo económico, se encontró mejoría solo en los ingresos municipales, ligero aumento del valor de las tierras, aunque se distingue que solo los que rentan sus tierras resultan beneficiados de estos megaproyectos (Agatón, Santiago, Sautto, & Montaña, 2016).

Las mayores denuncias en México son a partir de que los aerogeneradores de las compañías españolas Acciona, Endesa, Preneal, Iberdrola, Gamesa y Unión Fenosa se han instalado a partir de saqueos de tierras, amenazas, engaños y promesas incumplidas a centenares de indígenas zapotecos y huaves del Istmo de Tehuantepec. Estas empresas contrataron a líderes corruptos, autoridades municipales y funcionarios federales para que convencieran a los campesinos de rentar sus tierras a precios irrisorios.

Los abusos se generalizan dado que, según cifras del INEGI, 60 % de los ejidatarios de la zona son analfabetas, situación que aprovechan los inversionistas para cerrar contratos ventajosos, ya que hacen acuerdos de “buena fe”, engañando a los indígenas para firmar estos contratos y posteriormente actuar de

manera unilateral pagando un valor muy por debajo de lo que ganaría un agricultor por el uso de su tierra para otras actividades (Secretaría de Gobernación, 2013).

6.4. Elementos para una nueva gobernanza

Según el Portal Territorio Indígena y Gobernanza (2018), **gobernanza** se define como *“las interacciones y acuerdos entre gobernantes y gobernados, para generar oportunidades y solucionar los problemas de los ciudadanos, y para construir las instituciones y normas necesarias para generar esos cambios”*. Implica que las personas puedan participar en las decisiones que les aseguran una vida digna, con libertad de expresión, respeto y fortalecimiento de los derechos humanos y estar informadas sobre lo que los gobernantes deciden y hacen. Los gobernantes, por su parte, deben tener capacidad para cumplir sus funciones y sensibilidad para tomar en cuenta las aspiraciones y necesidades de los ciudadanos

La **gobernanza** debe considerar la densidad política, social y económica de un territorio, la diversidad de actores y sus visiones del territorio. Así, una definición de la aceptabilidad social, tomando en cuenta el criterio de gobernanza, puede ser entendida *“como un proceso de evaluación política de un proyecto poniendo en interacción la pluralidad de actores implicados a diferentes escalas y a partir de los cuales se construyen progresivamente acuerdos y reglas institucionales reconocidas como legítimas por ser coherentes con la visión del territorio y modelo de desarrollo privilegiado por los actores concernidos”* (Fortin et al., 2013, citado por Zárate & Fraga, 2016).

El Banco Interamericano de Desarrollo señala que el rápido desarrollo del territorio mexicano está provocando problemas de gobernanza y conflictos sociales en el Istmo y pese a esto insiste en financiar proyectos nocivos para los pueblos indígenas. En entrevistas realizadas se explica que las comunidades no están en contra de los proyectos de energías renovables, sino de la forma en que se están aplicando, al llegar al territorio, adueñarse de las riquezas y no tener presente a la población.

En México, las fuertes oposiciones a la instalación de algunos parques eólicos han llevado a los actores públicos y privados implicados a considerar la **aceptabilidad**

social como crucial a la hora de poner en marcha sus proyectos. Sin embargo, dichos actores mantienen una visión tecnocéntrica¹⁵ de la construcción de su aceptabilidad social en la cual las comunidades, sin conocer aspectos claves de la tecnología en relación al ambiente y lo social, deben asumir ineludiblemente la presencia de los proyectos y negociar sus posibles beneficios (Zárate & Fraga, 2016).

Un requerimiento que representa un avance en la legislación mexicana y que moderniza al país en cuestiones de derechos humanos es la evaluación de impacto social. No obstante, problemas de gobernanza y seguridad pueden fungir en detrimento de las empresas y de las mismas comunidades que se busca proteger. A pesar de que este trámite puede generar costos financieros y de tiempo en el corto plazo, permiten evitar algunos problemas futuros que podrían poner en peligro el proyecto, su construcción y operación (Villafuerte, 2017).

Zárate y Fraga (2016) concluyen en su documento que la política eólica en México se impulsó por organismos internacionales que centraron su estrategia de acción en generar condiciones técnicas y financieras para impulsar el desarrollo de proyectos privados de energía eólica. Aunque el gobierno mexicano se encargó de promover la aceptabilidad social de la tecnología en los territorios, no se ha enfocado en elaborar instrumentos de concertación territorial, ni ha otorgado capacidades políticas y conocimientos a los poderes locales para conciliar legítimamente los intereses de los diferentes actores.

Sandoval-García (2016) referencia que sería adecuado revisar las prácticas e instrumentos que ya existen en otros países y que han permitido una mejor aceptación de instalación de estos proyectos, generando beneficios a la economía local, tales como financiamiento para desarrollar estudios preliminares para grupos y asociaciones de inversionistas locales, el derecho de los propietarios a recibir una compensación por la pérdida de valor de los bienes inmuebles debido a la ubicación de las turbinas eólicas en sus proximidades, así como un fondo para

¹⁵La visión tecnocéntrica se basa en la estrategia de eliminar cada vez más el trabajo humano, el cual es considerado fuente de perturbación y de costes, más que fuerza productiva (Brödner, 1988, citado por Colectivo de autores, 1999).

mejorar los valores paisajísticos y recreativos locales, como proyectos de restauración de la naturaleza o la instalación de fuentes de energía renovables en los edificios públicos.

La Asamblea de pueblos indígenas del Istmo de Tehuantepec en defensa de la tierra y el territorio ha señalado en repetidas ocasiones cómo las comunidades son víctimas de represión, despojo y violaciones a los derechos humanos, por parte de los gobiernos estatales y por algunas de las empresas que pretenden construir parques eólicos en la zona. El Estado mexicano debe garantizar la cohesión y el pleno respeto a los derechos humanos de los pueblos indígenas así como el cumplimiento de convenios internacionales sobre este tema y poner énfasis en el derecho de las comunidades a las tierras, territorios y recursos que tradicionalmente han poseído u ocupado (Olivera, 2013).

La consulta previa presenta el escenario más complejo. En cada consulta, la Dirección General de Impacto Social y Ocupación Superficial (DGISOS) conforma un comité y se determina si la Secretaría de Gobernación (SEGOB) participa o no en el proceso, lo que remite a un problema de gobernabilidad. SENER es la responsable de determinar si debe realizarse una consulta previa, a pesar de que sea el desarrollador quien la pida para prevenir problemas futuros. Esta facultad puede provocar distorsiones y es muestra de que a veces el problema de gobernabilidad supera al tema regulatorio (Rousseau, 2017).

La transparencia y la fluida relación entre las personas, el gobierno y los desarrolladores de proyectos eólicos resultan vitales. Trobo (2013) comenta que es necesario un proyecto nacional de energía eólica que promueva la colaboración y el intercambio de información entre el Estado, sector productivo, universidades y el resto de la sociedad, dada la necesidad de que las decisiones estén basadas en información verídica y conocimientos sólidos e integrales, antes de afirmar sin las pruebas y fundamentos suficientes que los impactos no afectarán el medio ambiente y la calidad de vida de la población.

Muchas empresas cuentan con reglas internas de responsabilidad social y saben cómo ajustarse a los requisitos legales para conseguir una licencia social, sin

afectar en demasía la rentabilidad del proyecto. Al forjar las reglas del juego, el gobierno ocupa una posición ventajosa: ser el mediador final. Su lógica consiste en equilibrar los fines económicos (propiciar la inversión rentable y la seguridad energética a mediano y largo plazo) con la meta política suprema (la gobernabilidad). Mientras tanto, las comunidades suelen desconocer el tema y a menudo tienen una visión más local. La mayoría participa en las discusiones desde una posición de inferioridad (falta de información, problemas de traducción y de comprensión de las reglas) (Rousseau, 2017).

CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA PARTE

A nivel global se utiliza el recurso eólico con resultados positivos en la generación de electricidad. América Latina ha avanzado en el aprovechamiento de la energía eólica, pero continúa por debajo en su explotación a pesar del enorme potencial que presenta.

México exhibe suficiente potencial eólico, pero se necesitan más instalaciones para cubrir la demanda de generación, lo cual no será posible mientras existan la oposición social y el conflicto entre las comunidades y las empresas que frenan los nuevos proyectos.

Con la construcción y puesta en marcha de los primeros parques eólicos, comunidades del Istmo dieron su aprobación pues pensaron que sería la solución a sus problemas económicos. Los conflictos se agravan al no consumarse las promesas y las expectativas de las comunidades campesinas e indígenas, sin generar progresos en las condiciones de vida, más bien se han agravado las desigualdades socioeconómicas, omitidos derechos humanos y otorgados permisos sin previa consulta.

La oposición a los parques eólicos no exhibe la fuerza necesaria para hacerle frente a las empresas y lograr de una vez por todas disminuir los conflictos entre las comunidades y las instituciones involucradas. Las demandas continúan por las desigualdades entre las partes pero aun así los proyectos han avanzado y se han insertado más firmas en el negocio eólico.

Los pueblos y comunidades indígenas asienten el dócil papel del Estado al no concretar mecanismos para el desarrollo de los parques eólicos y no proporcionar una información fehaciente que pueda persuadir a las comunidades de la necesidad de la implantación de proyectos eólicos. Las empresas privadas tienen el mando de la situación, son las que negocian directamente con las comunidades y hasta las amenazan si van en contra de sus intereses.

Los conflictos entre las comunidades y las empresas eólicas son a causa del déficit de gobernanza. Los proyectos revocados por la oposición social son por la falta de capacidad del Estado en cumplir sus funciones y no saber negociar con

las comunidades sobre los beneficios de la tecnología eólica, además de no protegerlas ante las ilegalidades de las empresas.

CONCLUSIÓN

En esta investigación nos propusimos realizar un balance del aprovechamiento de la energía eólica en México. Se efectúa una síntesis de los estudios que se han realizado sobre el tema en el país desde el inicio de sus proyectos y se logran identificar los impactos negativos que la han retrasado.

Para cumplir los objetivos se analizan las diferentes dimensiones de la energía eólica (técnica, económica, social y ambiental), se identifica los avances en el mundo y en México en los últimos años y se analizan las causas de la oposición por parte de los movimientos a los megaproyectos eólicos.

El análisis realizado nos permite concluir que:

1. El aumento de la utilización de la energía eólica en la generación eléctrica mundial es perceptible. El esfuerzo de los países en vías de desarrollo en aumentar su potencia instalada es visible, no sólo porque están contemplada en las políticas energéticas, sino porque las estadísticas de los últimos años así lo corroboran.
2. La eólica, como segunda fuente de generación de energías renovables en México, tiene su impulso ante la necesidad de diversificar la matriz energética, la disminución considerable de sus costos y estabilidad de sus rendimientos, así como el interés de empresas extranjeras de invertir en el sector eólico mexicano.
3. En los primeros años, la explotación del recurso eólico en México tuvo un avance contenido. En la última década se aprecia un interés por parte del Estado de aumentar la eficiencia y rentabilidad del potencial eólico con la inserción de nuevos proyectos, por lo que las bases se están creando para que la eólica sea la primera de las tecnologías limpias.
4. Las comunidades cercanas a los emplazamientos no tienen apreciación clara de la importancia energética de los proyectos eólicos pues se enfocan más en los problemas sociales dada la poca participación en la toma de decisiones y la escasa información que se les brinda por parte del estado.

5. El rechazo de los sectores sociales en los sitios de generación se debe a que los intereses de las empresas no están en correspondencia con los de las comunidades campesinas e indígenas, las cuales no ven en esta fuente de energía como una alternativa de desarrollo social que impacte directamente en cada comunidad desde el punto de vista económico.
6. Aún no se concibe un programa para resolver los problemas sociales que han frenado el desarrollo de proyectos eólicos en las distintas regiones, por lo que continuará la oposición a la ejecución de nuevos proyectos.
7. El principal obstáculo del desarrollo de la energía eólica en México es de carácter social por la resistencia de las comunidades ante este tipo de proyecto. Para suprimir la resistencia y su avance en el país, se requiere una buena gobernanza.
8. Los conflictos en el Istmo de Tehuantepec exponen la necesidad de realizar nuevas políticas que implanten otras formas de gobernanza. Mientras que el Estado no tenga suficiente poder para convencer a las comunidades de la necesidad de los proyectos eólicos y las compañías no sean lo más transparentes posible en sus negociaciones, no se respeten los derechos de las comunidades y pueblos indígenas, la oposición social siempre va a impedir el desarrollo de la energía eólica.

Al término de este estudio derivo unas series de recomendaciones:

- Ejecutar las nuevas centrales eólicas con la participación de las comunidades locales para evitar divergencias entre las empresas inversionistas y los propietarios de tierras.
- Realizar un estudio de impacto ambiental delimitando áreas para el desarrollo de los parques eólicos en las que, desde el punto de vista social, su impacto pueda ser mitigado desde el diálogo, convencimiento, implicación de los actores comunitarios en el proyecto, así como la gobernanza sustentada en principios de respeto a ese sector poblacional.
- Gestionar un sistema de gobernanza amparado en un aparato legal que contemple esta alternativa de desarrollo energético atendiendo a los intereses estatales, privados y de los sectores comunitarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciona. (2015). *Aerogeneradores*. Obtenido de acciona:
<http://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/>
- Acciona. (2016). *Energía eólica*. Obtenido de acciona:
<http://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/>
- Agatón, G., Santiago, A., Sautto, J. M., & Montaña, A. (2016). Estudio de impacto ambiental, económico y social en la región del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México, debido a la instalación de parques eólicos. *Tlamati*, 7 (1), 14-21.
- Agencia Insular de Energía de Tenerife . (2016). *Información General sobre Energía Eólica*. Agencia Insular de Energía de Tenerife (AITE).
- AIDA. (2012). *Desafíos en la implementación de proyectos de energía eólica en México. El caso del Istmo de Tehuantepec*. AIDA: Abogados y abogadas ambientales para América Latina.
- Alemán, V. (7 de Abril de 2017). Inaugurará Peña Nieto parque eólico, en Coahuila. *Excelsior* .
- Alonso, J. J. (2016). *Los últimos avances en energía eólica*. Recuperado el 8 de Mayo de 2018, de Business School: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/noticias/energias-renovables/ultimos-avances-energia-eolica/>
- Álvarez, C. (2006). Sostenibilidad y medioambiente. En *Energía Eólica* (págs. 71-77). Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Ammonit. (2017). *Energía eólica*. Obtenido de Ammonit Measurement GmbH:
<http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica>
- Arnés, C. (2014). *Estudio del potencial eólico para generación eléctrica en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México*. Ciudad de México: Escuela Técnica de Ingenieros Industriales y Telecomunicación.

- Asociación Eólica de Catalunya. (11 de Abril de 2018). *Horizonte 2030: perspectiva de futuro para la energía eólica*. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de EOLICCAT: <http://eoliccat.net/2030-perspectivas-futuro-energia-eolica/?lang=es>
- Asociación Eólica de Catalunya. (4 de Abril de 2016). *Innovaciones en tecnología eólica*. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de EOLICAT: <http://eoliccat.net/innovaciones-en-tecnologia-eolica/?lang=es>
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. (2009). *Asociación Mexicana de Energía Eólica*. Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de Ventajas medioambientales y socioeconómicas de la energía eólica: hacia la minimización de afectaciones a la avifauna: <http://planeolico.iie.org.mx/simposio/14%20pgottfried%20amdee.pps>
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. (2018). *El viento en números*. Obtenido de Asociación Mexicana de Energía Eólica: <http://www.amdee.org/viento-en-numeros>
- Barragán, D. (1 de Abril de 2015). Parques eólicos: la cara del despojo en el Istmo de Tehuantepec. *Sin embargo* .
- BBC Mundo. (19 de Septiembre de 2016). *Plan energético de China: se construyen dos turbinas de viento por hora*. Obtenido de Dinero.com: <http://www.dinero.com/internacional/articulo/plan-energetico-de-china-construye-dos-turbinas-de-viento-por-hora/232151>
- Best, J. (2001). *Damned Lies and Statistics: Untangling Numbers from the Media, Politicians, and Activists*. *University of California Press* .
- Bloomberg. (7 de Marzo de 2017). *Energía eólica baja en precios de inversión y es más atractiva*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de Economía hoy.mx: <http://www.economiahoy.mx/mercados-eAm-mexico/noticias/8210810/03/17/Energia-eolica-baja-en-precios-de-inversion-y-es-mas-atractiva.html>

- Borja, M. A., Jaramillo, O., & Mimiaga, F. (2005). *Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*. México: Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Briones, F. (2008). Clima y vulnerabilidad social: conflictos políticos y repartición de riesgos en el Istmo de Tehuantepec (Oaxaca). *OpenEdition* , 615-638.
- Burnett, V. (1 de Agosto de 2016). Los parques eólicos generan prosperidad en Oaxaca, pero no para todos. *The New York Times* .
- Castañeda, N., & Van der Fleirt, L. (2006). *Estudio sobre el impacto social y medio ambiental de las inversiones europeas en México y Europa en el sector agua y electricidad*. Iniciativa de Copenhague para Centroamérica y México (CIFCA) y Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio (RMALC).
- Castillo, E. (2011). Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec. *Desarrollo Local Sostenible* , 4 (12).
- CEMAER. (2017). *Conoce los Parques Eólicos de México*. Obtenido de Blog de CEMAER: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2013/04/22/conoce-los-parques-eolicos-de-mexico/>
- Cervantes, E. (2017). Acusan ilegalidad para parques eólicos. *Zócalo* .
- Chichilnisky, G. (2008). *Seguridad energética, desarrollo económico y calentamiento global Desafíos de corto y largo plazo*. Boletín Informativo del Techint.
- Colectivo de autores. (1999). *Volver a pensar la educación (Vol. I) Política, educación y sociedad (Congreso Internacional de didáctica)*. Fundación PAIDEIA y Ediciones MORATA, S. L.
- Comisión Federal de Electricidad. (2011). Parques Eólicos en el Estado de Oaxaca. Informe del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública . *Grupo Funcional Desarrollo Económico* .
- Concha, M. (12 de Agosto de 2017). Otro esfuerzo indígena a contracorriente. *La Jornada* .

- Déniz, J. J., de la Rosa, M. E., & Verona, M. C. (2012). El impacto social de las compañías de energía eólica españolas en las comunidades campesinas de Oaxaca y su reflejo en las memorias de sostenibilidad. *XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática* .
- Diario Oficial de la Federación . (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Diccionario actual. (2017). *¿Qué es la energía?* Recuperado el 2 de Diciembre de 2017, de Diccionario Actual: <https://diccionarioactual.com/energia/>
- Dinero. (24 de Junio de 2015). El costo de la energía eólica. *Dinero* .
- Econoticias. (8 de Febrero de 2012). *Energía Eólica, la fuerza del aire*. Recuperado el 8 de Mayo de 2018, de Econoticias.com: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/61314/Energia-Eolica-fuerza-aire-renovables>
- Energía a Debate. (6 de Septiembre de 2017). En cinco años, Iberdrola duplicará su capacidad de generación. *Energía a Debate* .
- Energía renovable. (26 de Febrero de 2018). *Energías renovables*. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de Erenovable.com: <https://erenovable.com/energias-renovables/>
- Energías renovables. (5 de Marzo de 2015). *Impacto medioambiental de la energía eólica*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2017, de Energías renovables: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/eolica/impacto-medioambiental-energia-eolica/>
- Erenovable. (28 de Septiembre de 2016). *Energías limpias*. Obtenido de ERENOVABLE.com: <https://erenovable.com/energias-limpas/>
- Evia, M. J. (15 de Abril de 2014). *Qué es la licencia social y 5 pasos para obtenerla*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de Expok Comunicación de sustentabilidad y RSE: <https://www.expoknews.com/que-es-la-licencia-social-y-5-pasos-para-obtenerla/>

- Flores, P. (2 de Enero de 2014). *Veo verde*. Obtenido de Energía eólica en México, en manos de la iniciativa privada: <https://www.veoverde.com/2014/01/energia-eolica-en-mexico-en-manos-de-la-iniciativa-privada/>
- Forbes Staff. (9 de Febrero de 2016). Los estados con mayor potencial en energía eólica. *Forbes* .
- Gobierno del Estado de México. (2018). *¿Qué es la Inversión Pública?* Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de Portal del Gobierno del Estado de México: http://inversionpublica.edomex.gob.mx/inversion_publica
- Gobierno Vasco. (2005). *Plan Territorial Sectorial de la Energía Eólica en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Comunidad Autónoma del País Vasco: Departamento de Industria, Comercio y Turismo.
- Holttinen, H., Meibom, P., Orths, A., Lange, B., O'Malley, M., Tande, J., y otros. (2011). Impacts of large amounts of wind power on design and operation of power systems, results of IEA collaboration. *Wind Energy* , 14 (2), 179-192.
- Howe, C., Boyer, D., & Barrera, E. (2015). Los márgenes del Estado al viento: autonomía y desarrollo de energías renovables en el sur de México. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology* , 20 (2), 285-307.
- Huertas, H. (29 de Julio de 2016). Estos molinos de viento pueden evitar la muerte de 18 millones de aves en España. *La Vanguardia* .
- INEGI. (2000). *Núcleos agrarios. Tabulados básicos por municipios. PROCEDE 1992-1999*. Sonora: Publicación Anual. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. .
- Insuco. (2018). *Los estudios de impacto social (EIS)*. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de Insuco: <http://www.insuco.com/es/servicios-estudios/los-estudios-de-impacto-social-eis>
- Joyce, S. (2013). La licencia social para operar y su importancia en la industria del sector energético: buscando sinergia entre empresas y comunidades. *I Foro*

Regional: Oportunidades de la RSE en el sector de energía renovable y electricidad en América Central. Ciudad de Guatemala: On Common Ground.

- Juárez-Hernández, S., & León, G. (2014). Energía eólica en el Istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Problemas del Desarrollo* , 178 (45), 139-162.
- (2014). *Ley de la Industria Eléctrica*. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.
- Liggett, D. (2014). *Technology Advances Wind Energy Development*. The energy collective.
- López, M. J. (2008). *La energía eólica: Régimen jurídico-económico y régimen de autorización de sus instalaciones de producción*. Universidad de Granada: Departamento de Derecho Administrativo.
- Martín, M. Á., Tarrero, A. I., Bravo, D., Copete, M., González, J., Machimbarrena, M., y otros. (2008). *Impacto acústico de los parques eólicos y su evolución*. Universidade de Coimbra: Acústica 2008.
- Martínez, A. (13 de Agosto de 2013). *¿Realmente matan tantos pájaros los aerogeneradores?* Recuperado el 6 de Mayo de 2018, de desenchufados.net: <https://desenchufados.net/realmente-matan-tantos-pajaros-los-aerogeneradores/>
- Martínez, E., Rivas, L. A., & Vera, P. S. (2015). *Modelos de negocios de las empresas del sector eólico*. Ciudad Universitaria, Ciudad de México: XX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.
- Martínez, L. (20 de Noviembre de 2016). El estado de la energía eólica en América Latina. *El Economista* .
- Mendoza, E., & Pérez, V. (2010). Energías renovables y movimientos sociales en América Latina. *Instituto de Estudios Internacionales - Universidad de Chile* , 109-128.

- Mills, A., Wiser, R., & Porter, K. (2009). The cost of transmission for wind energy: A review of transmission planning studies. . *Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division* .
- Monforte, J. (25 de Abril de 2017). *GWEC prevé que se instalarán unos 60.000 MW eólicos en el mundo en 2017*. Obtenido de Energética21: <http://www.energetica21.com/noticia/gwec-prev-que-se-instalarn-unos-60000-mw-elicos-en-el-mundo-en-2017>
- Moreno, C. (2016). *¿Cuánto cuesta un parque eólico?* . Obtenido de Cubasolar: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia61/HTML/articulo03.htm>
- Moreno, C. (2017). *Doce preguntas y respuestas sobre Energía Eólica*. La Habana, Cuba: Cubasolar.
- Müller, E. (2014). *Energía Eólica y Solar para el Desarrollo Sustentable de México*. Dinamarca: Aalborg University.
- Nahmad, S., Nahón, A., & Langlé, R. (2014). *La visión de los actores sociales frente a los proyectos eólicos del Istmo de Tehuantepec*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- Nelsen, J. L. (2006). Social License to Operate. *International Journal of Mining, Reclamation and Environmen* , 20 (3), 161-162.
- Observatorio de la RSC. (2017). *Qué es RSC*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de Observatorio de Responsabilidad Social Corporativa: <http://observatoriorsc.org/la-rsc-que-es/>
- Olivera, B. (15 de Junio de 2013). *La energía eólica y el respeto a los derechos de las comunidades*. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de Greenpeace México: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Blog/Blog-de-Greenpeace-Verde/la-energa-elica-y-el-respeto-a-los-derechos-d/blog/45598/>
- Olmos, R. A. (2015). Los parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec y el desarrollo regional. *20° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*. Cuernavaca, Morelos: AMECIDER – CRIM, UNAM.

- OPEXenergy. (2017). *Historia de los Aerogeneradores*. Recuperado el 5 de Mayo de 2018, de OPEXenergy: http://opex-energy.com/eolica/historia_aerogeneradores.html
- Palomo, V. (21 de Julio de 2017). *El futuro de la energía eólica*. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de Dirigentesdigital.com: <https://dirigentesdigital.com/articulo/economia-y-empresas/55894/potencial-la-energia-eolica.html>
- Portal Territorio Indígena y Gobernanza. (2018). *¿Qué es la gobernanza?* Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de Territorio indígena y Gobernanza: <http://www.territorioindigenaygobernanza.com/gobernanza.html>
- Proenergiza. (2007). *Parque eólico*. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de PROENERGIZA: <https://sites.google.com/site/proenergiza/energias-renovables/energia-eolica/parque-eolico>
- ProyectoFSE. (11 de Febrero de 2014). *¿Corren peligro de muerte las aves por los aerogeneradores?* Recuperado el 6 de Mayo de 2018, de ProyectoFSE: <http://proyectofse.mx/2014/02/11/corren-peligro-de-muerte-las-aves-por-los-aerogeneradores/>
- PWC. (2017). *Energía Eólica*. Obtenido de Blog PwC,: <http://www.pwc.com/mx/es/industrias/perspectiva-industrial/marzo/eolica.html>
- Racilla, S. (2013). *Impacto Social del arrendamiento de tierras para generar energía eléctrica en La Venta, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca*. Montecillo, Estado de México: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Ramos, A. C. (26 de Enero de 2017). Singular batalla de pueblo indígena contra parque eólico en México. *Inter Press Service* .
- Redacción / Energía a Debate. (11 de Agosto de 2017). Zuma Energía y Vestas se unen en el Parque Eólico Reynosa. *Energía a Debate* .
- REN21. (2017). *Avanzando en la transición mundial hacia la energía renovable*. París. Francia: Red de Políticas en Energía Renovable para el Siglo 21.

- REN21. (2016). *Energías renovables 2016. Reporte de la situación mundial*. París. Francia: Red de Políticas en Energía Renovable para el Siglo 21.
- Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico. (2 de Marzo de 2017). Compañías líderes en energía eólica exponen avances en feria de México. *Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico* .
- Rousseau, I. (2017). La nueva regulación de la gestión social de los proyectos energéticos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* , 197-220.
- Ruiz, A. (2007). La seguridad energética de América Latina y el Caribe en el contexto mundial. *Comisión económica para América Latina y el Caribe* (128).
- Sandoval-García, E. (2016). Impacto socio-ambiental de las fuentes renovables de energía, un factor clave a resolver para un despliegue masivo de energía limpia en México. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales* , 7 (13), 39-52.
- Santamarta, J. (2011). La eólica provoca el 0,0005% de la mortalidad de aves. *Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico* .
- Secretaría de Energía. (2014). *Evaluación ambiental y social estratégica para el desarrollo eólico en el sur del Istmo de Tehuantepec*. Ciudad de México: Secretaría de Energía.
- Secretaría de Energía. (2016). *Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030*. Ciudad de México: Secretaría de Energía.
- Secretaría de Energía. (2017). *Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031*. Secretaría de Energía.
- Secretaría de Gobernación. (2013). *La energía eólica en México: Una perspectiva social sobre el valor de la tierra*. Ciudad de México: Comisión para el diálogo con los pueblos indígenas de México. Secretaría de Gobernación.

- Secretaría de Gobernación. (2009). *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*. México: Secretaría de Gobernación, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico.
- SEMARNAT. (2015). *Guía de programas de fomento a la generación de energía con recursos renovables*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2006). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SENER. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029*. México: Secretaría de Energía.
- Sfera Ambiental . (7 de Marzo de 2011). *Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) de parque eólicos*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de Sfera Ambiental : <https://sferaproyectoambiental.org/2011/03/07/estudio-de-impacto-ambiental-esia-de-parque-eolicos/>
- SIPAZ. (Septiembre de 2013). Enfoque: Impactos y afectaciones de los proyectos de energía eólica en el Istmo de Tehuantepec. *Servicio Internacional para la Paz (SIPAZ)* .
- SocialLicence.com. (2017). *¿Qué es una Licencia Social?* Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de SocialLicence.com: https://sociallicense.com/definition_spanish.html
- SRE. (2014). *Proyecto de generación de energía eólica*. Dirección General de Derechos Humanos y Democracia. Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Trobo, M. (2013). *Energía eólica y aceptación social: lecciones para Uruguay y guía para la acción*. Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería/Universidad de la República.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). *Plan Energético Nacional: Colombia, Ideario Energético 2050*. Bogotá, Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

- Universidad de Castilla-La Mancha . (2012). *Energía Eólica*. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).
- Valencia, N. (2011). *Diagnóstico Regional del istmo de Tehuantepec* . M4. Proyecto Piloto: Alfabetización con mujeres indígenas y afro descendientes en el estado de Oaxaca.
- Villafuerte, K. (2 de Enero de 2017). Evaluación de impacto social: 6 errores a evitar. *FONDEA* .
- Wikipedia. (2 de Abril de 2018). *Istmo de Tehuantepec*. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Istmo_de_Tehuantepec#Climatolog%C3%ADa
- Zárate, E., & Fraga, J. (2016). La política eólica mexicana: Controversias sociales y ambientales debido a su implantación territorial. Estudios de caso en Oaxaca y Yucatán. *Trace* , 65-95.