

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

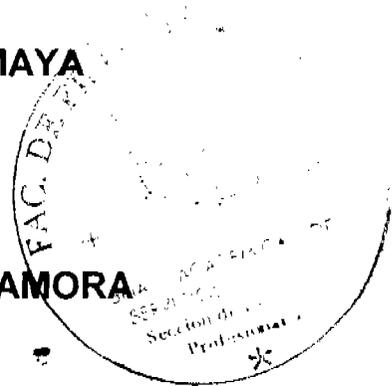
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE SISTEMAS
EOLIELÉCTRICOS, EN LA VENTA OAXACA. UNA OPCIÓN DE
DESARROLLO SUSTENTABLE.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA
PRESENTA:

NOMBRE: IVÁN JIMÉNEZ MAYA

ASESOR: DR. JOSÉ GASCA ZAMORA



CIUDAD UNIVERSITARIA

2005

m. 339927



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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Edna Jiménez Mayá

FECHA: 13 Enero 2005

FIRMA: [Firma]

Agradecimientos

Antes que nada le doy las gracias a mi asesor, el **Dr. José Gasca Zamora**, por su valioso tiempo y paciencia empeñados en esta Tesis, así como por su atinada guía y consejos, que me ayudaron a clarificar muchas dudas y mejorar este trabajo de investigación, con el fin de poder concluirlo satisfactoriamente, aunque un poco después de lo planeado.

Agradezco también a la Dra. Georgina Calderón Aragón, a la Mtra. María Eugenia Villagómez Hernández, a la Dra. Verónica Ibarra y al Biol. Edward Michael Peters Recagno, por su valioso tiempo, sus atinados comentarios y puntuales correcciones al revisar esta tesis, que resultaron de gran ayuda para enriquecerla y llevarla a buen término.

Agradezco a la CFE y de manera especial al Superintendente de la Central eoloeléctrica de La Venta, Ing. Carlos García Aguilar, por todas las facilidades brindadas para la consulta de información y por la visita guiada a las instalaciones de la Central, resultando de gran ayuda para la realización de esta Tesis.

A mis geógraf@s de confianza de la **HHH COGEPU** y Anexas: **Culiacan, Daniel, Daniel, Juan, Lalo, Leonel, Luis, LuzMa, Melo, Memo, Moi, Oswaldo, Pablo y Paola**, con los que compartí tan buenos momentos y memorables aventuras durante todos estos años...y esperemos que sigan.

Dedicatoria

A Lucila y Juan con todo mi amor.

Por el inmenso cariño y apoyo que me han brindado.

A mi entrañable Abuela María⁺

A mis queridos tíos:

Pilar

Mi mentora de toda la vida.

Alfonso⁺

Por su atinada guía.

A ambos por su constante interés y palabras de aliento.

Al tío Polo y a mis primos Dulce, Álvaro, Fabiola y Pepe.

Que en todo momento me han brindando su afecto.

A ...

Elizabeth, David, Carolina, Aarón y Adriana.

Por esa amistad tan chida.

*"... en estos llanos y adelante son tan violentos los Nortes por el otoño,
que los llaman de la ventosa, y no consienten algunos días a los caminantes
llevar capas, ni ropa suelta, y a las cabalgaduras con extraña violencia las apartan
del camino, y a los arbolillos que nacen, los tienen torcidos y agobiados a tierra..."*

Francisco de Burgoa
Geográfica Descripción, 1674.

*"...no comprendemos lo que será cuando los búfalos hayan sido exterminados,
cuando los caballos salvajes hayan sido domados, cuando los recónditos rincones de
los bosques exhalen el olor a muchos hombres y cuando la vista hacia las verdes colinas este
cerrada por un enjambre de alambres parlantes. ¿Donde está el espeso bosque? Desapareció.
¿Donde esta el águila? Desapareció. Así termina la vida y comienza el sobrevivir".*

Carta del Jefe Seattle

ÍNDICE

	Página
Resumen	V
Introducción	1
Capítulo 1	
1. Antecedentes del desarrollo sustentable a nivel mundial y en México, con énfasis en la generación de energía renovable.....	8
1.1 Referencias del desarrollo sustentable a nivel mundial.....	8
1.2 Experiencias de desarrollo sustentable en México.....	14
1.3 Relación entre desarrollo sustentable y energías renovables.....	18
1.3.1 Energías Renovables.....	21
Capítulo 2	
2. Desarrollo actual de la energía eólica a nivel mundial y su estado en México.....	28
2.1 Historia y uso de la energía eólica en el mundo.....	28
2.2 Estado actual del desarrollo de la energía eólica a nivel mundial.....	33
2.2.1 Tecnología utilizada para aprovechar la energía eólica en el mundo.....	35
2.3 Antecedentes del desarrollo de la energía eólica en México.....	40
2.3.1 Estado actual del desarrollo de la energía eólica en México.....	42
2.4 Tipos de tecnologías utilizadas en el desarrollo de la energía eólica en México..	46
Capítulo 3	
3. Desarrollo actual de la energía eólica en el Istmo de Tehuantepec y características de la central eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca.....	47
3.1 Localización y Características geográficas de la zona de estudio.....	47
3.1.1 Localización geográfica de la zona de estudio.....	47
3.1.2 Características geográficas de la zona de estudio.....	50
3.1.2.1 El Relieve.....	50
3.1.2.2 Los Vientos.....	53
3.1.2.3 El Clima.....	54
3.2 Desarrollo de la energía eólica en la Región de La Ventosa.....	55
3.2.1 Evaluación del recurso eólico.....	55
3.2.2 Desarrollo de la energía eólica en la Región de La Ventosa.....	57
3.3 Características de la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca.....	62

Capítulo 4	Página
4. Dinámica social antes y después de la instalación de la Central Eoloeléctrica de La Venta, en la zona de estudio.....	68
4.1 Características sociodemográficas y socioeconómicas de la población en la zona de estudio.....	68
4.1.1 Características sociodemográficas.....	68
4.1.2 Características socioeconómicas.....	70
4.2 Posición y percepción sobre la instalación de la central Eoloeléctrica de La Venta, por parte de los actores involucrados.....	72
4.2.1 Metodología.....	72
4.2.2 La Empresa, (CFE).....	75
4.2.3 La Población local.....	78
4.2.4 Las Autoridades (municipales y ejidales).....	82
 Capítulo 5	
5. Futuros proyectos en la zona de estudio en términos de potencial energético.....	84
5.1 Futuros proyectos en la zona de estudio en términos de potencial energético.....	84
Conclusiones.....	87
Anexo.....	90
Glosario.....	94
Bibliografía.....	101
Internet.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Porcentaje y transformación de la radiación solar sobre la tierra, que se puede convertir en distintas formas de energía renovable (eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, etc.).....	22
Figura 2. Energías No Renovables y Renovables.....	25
Figura 3. Grabado egipcio de una embarcación impulsada a vela perteneciente a la época del Alto Imperio, 4.500 años a de N. E.....	28
Figura 4. Central Eoloeléctrica en California, E.U.....	30
Figura 5. Aerogenerador.....	37
Figura 6. Unidad Eólica.....	37
Figura 7. Aerogeneradores HAWTs.....	40
Figura 8. Regiones susceptibles de explotación.....	41
Figura 9. Vista de la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.....	44
Figura 10. Unidad Eólica de Guerrero Negro, B.C.S.....	45
Figura 11. Altimetría del Estado de Oaxaca.....	52
Figura 12. Vientos "Tehuantepecanos".....	53
Figura 13. Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.....	62
Figura 14. Vista de los aerogeneradores en la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.....	63
Figura 15. Generación de ruido en decibeles, producido por un aerogenerador.....	67
Figura 16. Poblado de La Venta.....	69
Figura 17. Vista de la Central Eoloeléctrica, desde el poblado de La Venta.....	70
Figura 18. Cultivos de sorgo en el ejido de La Venta.....	71
Figura 19. Entrada a la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.....	72
Figura 20. Central Eoloeléctrica de La Venta.....	73

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Página

Gráfica 1. Porcentaje de producción de energía eólica a nivel mundial.....	34
Gráfica 2. Porcentaje por forma de generación de electricidad en México.....	43
Gráfica 3. Porcentaje de generación de electricidad en México por fuente de energía.....	43

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación Geográfica del Istmo de Tehuantepec en la República Mexicana...	48
Mapa 2. Ubicación Geográfica del Istmo de Tehuantepec.....	48
Mapa 3. Istmo de Tehuantepec.....	49
Mapa 4. Istmo Sur.....	51
Mapa 5. Clima.....	56
Mapa 6. Zona de "La Ventosa".....	59
Mapa 7. Estaciones Eólicas Piloto.....	60
Mapa 8. Central Eoloeléctrica de La Venta.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de emisión de contaminantes.....	24
Tabla 2. Capacidad de energía eólica instalada a nivel mundial.....	33
Tabla 3. Comparación de la velocidad del viento media anual (Vv anual), en algunos lugares del mundo.....	61
Tabla 4. Ficha técnica de la Central Eoloeléctrica de La Venta.....	65

Generación de energía eléctrica a través de sistemas eoloeléctricos. En La Venta, Oaxaca. Una opción de desarrollo sustentable.

Hacer uso del viento como una forma para generar energía eléctrica (energía eólica), resulta una manera de aprovechar los recursos renovables que se encuentran a nuestro alcance de manera abundante, a la vez se fomenta la generación sustentable de fluido eléctrico para satisfacer nuestras necesidades presentes así como las futuras, que resulte en provecho del medioambiente y al mismo tiempo de la población. En la República mexicana se tienen localizadas y estudiadas varias zonas que cuentan con las características idóneas para la explotación del recurso eólico, principalmente ubicadas en las zonas costeras del país y dentro de estas encontramos una en el país zonas que presenta las mejores condiciones para la generación de energía eólica, por ser con la que registro la mayor velocidad de viento, a esta región se le denominada La Ventosa, por lo característico de los vientos en ésta región a lo largo del año, dándoseles el nombre de "Tehuantepecanos", considerada como una de las zonas con mejor potencial en energía eólica a nivel mundial, por la velocidad que llegan a alcanzar los vientos. La Ventosa se encuentra ubicada en el estado de Oaxaca, en la parte sur del istmo de Tehuantepec, y por las características propias del lugar, hacen de este una zona propicia para la explotación de la energía eólica a gran escala, -un recurso renovable no convencional- actualmente en una pequeña zona de esta región, se ha puesto en marcha la Central eoloeléctrica piloto La Venta, ubicada en el municipio de Juchitán de Zaragoza, en el ejido de la Venta, su operación está a cargo de la Comisión Federal de Electricidad, la Central, fue puesta en marcha en 1994, contando con siete aerogeneradores que producen 1.5 MW, que representa aproximadamente el 0.01% de la generación de energía eléctrica total del país con lo que se abastece a 2,100 hogares de tres poblados de la región, estas características hacen de la Central eoloeléctrica de la Venta una lugar donde se está llevando a cabo la primera experiencia de generación de energía eólica y que por las propias características del proyecto, ésta experiencia puede significar el inicio de un modelo de desarrollo sustentable en toda la zona con la ampliación de la generación de electricidad a través del viento, ya que no solo es la instalación de la tecnología para aprovechar el viento, sino el beneficio que acarrea este tipo de desarrollos, ya que requieren de mano de obra para la industria asociada que abastece a las centrales eoloeléctricas así como en el mantenimiento de estas, y genera beneficios para los pobladores de la región, pero es también el beneficio que genera al entorno ya se dejan de

verter toneladas de contaminantes a la atmósfera, que están generando un cambio climático, y en distintos foros mundiales como: la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro 1992, y en recientes fechas la Cumbre del Desarrollo Sostenible de Johannesburgo 2002. En estas reuniones se han definido acuerdos con el fin de dar soluciones acorde con las necesidades inmediatas de deterioro ambiental, la pobreza, el uso de recursos naturales, y energías renovables, pero también se ha propiciado el debate y estudio de las consecuencias por el uso de de tecnologías contaminantes y depredadoras de recursos, junto con esto la disminución en la calidad de vida de los habitantes de las zonas más susceptibles por sus niveles de pobreza y deterioro ambiental. Y con el fomento de energías renovables como la eólica se trata de dar una alternativa viable y con la que no se comprometa el futuro de los habitantes de la Tierra.

Introducción

El manejo de los recursos naturales en forma racional y sustentable se ha vuelto un tema prioritario para la humanidad. Para las poblaciones que se encuentran en condiciones poco favorables, resulta impostergable generar condiciones de vida dignas, pero a la vez reconociendo que hay que conservar los recursos naturales como una forma de asegurar el bien propio, como el de sus futuras generaciones. Desde hace algunas décadas ha surgido la necesidad por llegar a acuerdos globales en cuestiones que han ocasionado un deterioro progresivo del planeta.

La discusión del tema ambiental y su incorporación a los procesos de desarrollo económico y cooperación internacional ha sido tratado en diversos foros: Estocolmo 1972, siguiendo el Informe Brundtland en 1987, la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro 1992, y en recientes fechas la Cumbre del Desarrollo Sostenible de Johannesburgo 2002. En estas reuniones se han definido acuerdos con el fin de dar soluciones acorde con las necesidades inmediatas de deterioro ambiental, la pobreza, el uso de recursos naturales, y energías renovables, entre otros.

El enfoque que ha prevalecido es el del desarrollo sustentable, y se han propuesto alternativas para el uso y manejo de los recursos y a partir de estos, crear tecnologías más eficientes. Para lograr estos objetivos los gobiernos han introducido instrumentos y políticas públicas en esta materia. No obstante lo anterior, en la realidad no ha sido tan fácil llevar a cabo todos los acuerdos emanados de las diversas Cumbres, Informes y Mandatos, ello porque se presentan múltiples intereses, siendo los países más industrializados, quienes tienen una mayor responsabilidad, ya que basan su desarrollo en un modelo insostenible de producción y consumo de los recursos, dejando con esto en desventaja a los países en desarrollo, ya que además de sufrir la explotación de sus recursos, tienen que afrontar el deterioro que se ocasiona con esa explotación.

Los efectos negativos a nivel planetario que se pueden presentar, como el Cambio Climático Global, puede tener consecuencias drásticas en el medio ambiente, debido al uso excesivo de combustibles, que generan gases con efecto invernadero, y que en su mayoría son producidos por los países desarrollados.

Recientemente se han empezado a tomar algunas medidas en la generación y uso de energía sustentable, aunque algunos países desarrollados, insisten en no colaborar en los tratados para revertir estas situaciones de deterioro global, alentando el uso indiscriminado de recursos y combustibles fósiles, con el pretexto de mantener un desarrollo en sus economías a un costo muy elevado.

En países como México, se empieza a valorar la importancia que representa el desarrollo e implementación de las denominadas tecnologías limpias y en específico el aprovechamiento del viento como una fuente de energía eléctrica (energía eólica), ya que es limpia, no genera residuos que a la postre generen algún tipo de contaminación y es en gran parte compatible con el entorno donde se lleve a cabo la instalación de centrales para su aprovechamiento.

Algunos países de Europa Occidental fueron pioneros en la generación de energía eólica a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Sin embargo el gran desarrollo, tanto tecnológico como el aprovechamiento intensivo y extensivo, se dió en el último tercio del siglo XX. Entre los que han alcanzado un mayor desarrollo eólico, se encuentran países como Alemania, España, Reino Unido, Dinamarca y Países Bajos.

A principios del siglo XXI, la producción de energía eólica que se produce en estos países, significa el 12% de la energía eléctrica que consumen. Del total de energía eólica que se produce a nivel mundial, Europa produce tres cuartas partes del total. Esto significa que se dejen de quemar una cantidad elevada de combustibles fósiles y por ende se evita la descarga de millones de toneladas de bióxido de carbono en la atmósfera, que es uno de los gases generador del efecto invernadero en la Tierra. Resulta ser de tal importancia el desarrollo de la energía eólica, que de mantenerse un incremento continuo, a mediano plazo puede llegar a cubrir el 20% de las necesidades de energía eléctrica en aquel continente, (EWEA, 2002).

En el caso de México es a partir de la década de los ochenta cuando se empiezan a realizar los primeros estudios en distintas zonas de la República Mexicana por parte del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), realizándose principalmente en zonas costeras, como en Guerrero Negro, BC., Istmo de Tehuantepec, Oax. y en las costas de la península de Yucatán, también se hicieron prospecciones en los estados de Quintana Roo, Yucatán,

en Veracruz, Ver., asimismo se analizaron lugares en el interior de la República como Mexicali, BC., en el Cerro La Virgen Zacatecas, Zac., y Pachuca, Hidalgo.

A partir de lo anterior se llevaron a cabo estudios más exhaustivos y únicamente se le dió un seguimiento a los lugares donde el viento fuera significativo como para instalar centrales piloto de energía eólica, que produjeran una cantidad de energía eléctrica de cierto valor. En 1994 la Comisión Federal de Electricidad (CFE), construye e instala la Central Eoloeléctrica de La Venta Juchitán de Zaragoza, Oax., con 7 aerogeneradores, para ponerla en marcha a finales de ese mismo año, produciendo 1,575 MW. En 1997 se instala y pone en marcha un aerogenerador de 600 MW en Guerrero Negro, BC., siendo hasta el momento las dos únicas centrales eoloeléctricas y que por el seguimiento que se les ha dado, presentan un buen desempeño, en especial La Central de La Venta, ubicada en la parte sur del istmo de Tehuantepec.

El Istmo de Tehuantepec ha sido una zona que por su ubicación geoestratégica y características resulta codiciada y de mucha importancia, ya que al ser la parte más estrecha de América del Norte, fue y es un lugar idóneo para el tránsito de mercancías y personas a partir del siglo XIX.

En esta zona del país existen corrientes de viento que por sus características de velocidad y frecuencia la hacen una de las mejores a nivel mundial para llevar a cabo el aprovechamiento de la energía eólica a escala mayor, llegando a igualar a algunos países de Europa que se distinguen por ser los mayores productores de energía eléctrica por medio del viento. Esta franja muy amplia del sur del Istmo llamada La Ventosa, circulan vientos conocidos como "Tehuantepecanos", esta zona se encuentra ubicada en la llanura costera oaxaqueña, en colindancia con el Golfo de Tehuantepec.

La población que vive en la zona de estudio, ha conocido la magnitud de los vientos, y se han adaptado a ellos como una parte de su vida cotidiana. El aprovechamiento de la energía del viento, para transformarlo en energía eléctrica, puede significar cierto tipo de beneficios, como la generación de empleo por la instalación de las Centrales Eoloeléctricas, que, además, son compatibles con las actividades que comúnmente se desarrollan en el campo como la agricultura y la ganadería. Si se agrega que para la construcción de este tipo de Centrales no se expropián los terrenos, sino que se realizan

contratos de arrendamiento de tierras, y se recibe una renta fija, se pueden beneficiar en este caso a los núcleos agrarios si las tierras donde se pretende instalar dicha central, son propiedad comunal, ejidal y aún en predios de carácter privado.

Esta investigación se plantea demostrar qué tan factible puede resultar un desarrollo de este tipo de Centrales Eoloeléctricas y que además de generar energía bajo una visión sustentable, puede contribuir al desarrollo de las comunidades.

En la actualidad para generar electricidad, un país como México debe diversificar sus fuentes de generación de electricidad, ya que no es recomendable depender de fuentes no renovables y más cuando se pueden explotar energías renovables que son abundantes en algunas zonas del país además de ser de bajo impacto ambiental, dando como resultado una forma de diversificar las formas de producción, como es el caso de la energía eólica, aunada a que es posible un mayor beneficio a los pobladores donde se instalen las plantas de generación de electricidad por medio del viento.

Por todo ello la elección de este tema tiene que ver con la necesidad de saber a qué grado es factible desarrollar en el país la explotación de la energía eólica, un recurso de gran importancia ya que aparte de ser una forma de generación de energía eléctrica limpia, se puede desarrollar en una zona del país, el istmo de Tehuantepec, el cual con la utilización masiva de este tipo de energía se podrá dar un beneficio a los pobladores teniéndose también un desarrollo sustentable para esta región, porque al instalarse este tipo de centrales eléctricas se tendría que fomentar una industria que abasteciera de los insumos necesarios para el funcionamiento de los aparatos encargados de transformar el viento en energía eléctrica, pero también refacciones, así como los instrumentos necesarios para el funcionamiento de las centrales eoloeléctricas.

Para esta investigación partimos de la premisa que la energía eólica, al ser una energía renovable, a partir de la cual es posible la generación de energía eléctrica en el Istmo de Tehuantepec, ésta puede estimular un “desarrollo sustentable” en un futuro en las comunidades de esta región ya que no se generan contaminantes y se generan beneficios económicos para la población, resultando de esto una posible disminución de las emisiones contaminantes y un incremento en los niveles de desarrollo, tanto económico como humano, para los habitantes de la zona de estudio.

Como objetivo General se planteó analizar y evaluar el proceso de generación de energía eléctrica a través de sistemas eoloeléctricos, en La Venta, Oaxaca, así como conocer sus repercusiones en términos del desarrollo de las comunidades, resultando de lo anterior y como una forma de análisis más detallada a lo que se plantea, se desglosan los objetivos particulares, con los cuales se pretendió:

- Conocer los antecedentes del desarrollo sustentable a nivel mundial y en México, con énfasis en la generación de energía renovable.
- Analizar el desarrollo actual de la energía eólica a nivel mundial y su estado en México.
- Explicar el desarrollo actual de la energía eólica en el Istmo de Tehuantepec e investigar las características de la central eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca.
- Evaluar las condiciones de vida antes y después de la instalación de la Central de La Venta.
- Establecer las posibles alternativas en un futuro en la zona de estudio en términos del potencial energético-eólico.

En el primer capítulo se desarrolló todos los antecedentes del Desarrollo Sustentable, así como las distintas etapas que ha tenido este hasta llegar a nuestro días, como una de las principales opciones para ejercer el desarrollo de la humanidad, asimismo se tratan los temas de los tipos de energías y en particular las denominadas renovables y sus características, donde podemos ubicar a la energía eólica, como una energía alterna y limpia.

El segundo capítulo trata de la energía eólica y su desarrollo a través del tiempo, hasta que se empezó a realizar su explotación más sistemática para la generación de energía eléctrica a partir de finales del siglo XIX y la posterior mejora tecnológica en los aparatos para explotar la energía del viento, en las primeras décadas del siglo XX y su posterior

perfeccionamiento y uso generalizado, principalmente en los países de Europa Occidental y los Estados Unidos; para después hacer un recuento de cómo fueron los inicios de la valoración de este recurso en México, las distintas tecnologías utilizadas para la explotación a gran escala y los últimos desarrollos encaminados al aprovechamiento del recurso eólico en el país.

En el capítulo tres, se abordan la localización y características geográficas de la zona de estudio, así como el desarrollo que se ha dado en el Istmo de Tehuantepec, de la energía eólica (para su explotación), específicamente en el municipio de Juchitán de Zaragoza, Oax., en el Lugar denominado La Venta, donde actualmente se encuentra la Central eoloeléctrica del mismo nombre y la de mayor importancia por sus resultados en México, y las características de esta Central.

Para el capítulo cuatro, se exponen y analizan las características sociodemográficas y socioeconómicas de la zona de estudio, para conocer las características particulares de ésta, asimismo, se exponen las percepciones que tienen cada uno de los actores involucrados, tanto en la construcción, instalación y generación de energía eléctrica, en este caso Comisión Federal de Electricidad, los pobladores que en este caso son los directamente beneficiados como perjudicados, ya que se encuentra en sus tierras y ellos consumen la energía eléctrica que produce la Central Eoloeléctrica, con los respectivos beneficios o sin ellos, y por último las autoridades que se encargan de supervisar los tipos de arreglos a los que llegan empresa y pobladores, contando con el beneficio económico, para el ejido por medio de los impuestos que paga la empresa.

En el último capítulo que es el cinco se exponen las conclusiones y también los posibles desarrollos a futuro, a gran escala que se pueden llevar a cabo en la zona de estudio, y el posible beneficio hacia la zona, con este tipo de desarrollos.

La investigación se llevó a cabo con análisis y síntesis de Información bibliohemerográfica, en una segunda etapa se realizaron entrevistas con los responsables de los proyectos sobre energía en las oficinas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), así como en otras instituciones. Se analizaron los informes que se emiten sobre el aprovechamiento de la energía, en donde se analizará las ventajas que tienen las centrales eoloeléctricas y en específico de la central de La Venta. Se realizó un recorrido de campo a la Central

Eoloeléctrica de La Venta, de la (CFE), así como la aplicación de encuestas en la zona de estudio a los actores involucrados: población, autoridades municipales ó ejidales y empresa en este caso la CFE, con los responsables de dicha Central.

Capítulo 1. El desarrollo sustentable a nivel mundial y en México, con énfasis en la generación de energía renovable.

1.1 Referencias del desarrollo sustentable a nivel mundial.

Los primeros indicios que se dan sobre el desarrollo sustentable, aunque no precisamente con este nombre, es a principios de los años setenta, con la celebración de la primera reunión mundial sobre medio ambiente, llamada Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, que se celebró en Estocolmo en 1972. En tal conferencia se presentan las primeras aportaciones para tratar de hacer compatible el desarrollo con la protección al medio ambiente, siendo esto un tema de amplio estudio.

A lo largo de la década de los setenta la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), de las Naciones Unidas, trabaja el concepto de Ecodesarrollo, el cual hace alusión al manejo integral de la relación ambiente–desarrollo, y que al transcurrir de los años dio como resultado la conceptualización del desarrollo sustentable.

Los términos desarrollo sostenible y desarrollo sustentable tienen significados equivalentes, ya que el significado ambos es definido como aquel desarrollo que no compromete la capacidad de las generaciones futuras de cumplir con sus necesidades, mientras cumpla con las actuales, y la diferencia radica en que “sustentable”, es una traducción literal del término en inglés *sustainable*, y es también un término con amplia aceptación en el ámbito político.

La idea de desarrollo sostenible fue planteada primero por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en 1980, cuando se dió a conocer la Estrategia Mundial de Conservación, la cual hacía énfasis en la sostenibilidad en términos ecológicos, pero con un escaso énfasis en el desarrollo económico, por lo que se le denominó “antidesarrollista” (*sic*), siendo tres sus prioridades: el mantenimiento de los procesos ecológicos, el uso sostenible de los recursos y el mantenimiento de la diversidad genética.

A mediados de los años ochenta se publica el informe titulado *Nuestro Futuro Común*, también conocido como Informe Brundtland¹, este constituye el referente principal que generaliza el uso del término desarrollo sustentable. Según este informe se define desarrollo sostenible, como "el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Según este informe, el desarrollo económico y social, debe descansar en la sostenibilidad, como principio básico en las políticas de desarrollo sostenible, e implica dos conceptos clave:

- a) El concepto de 'necesidades', en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad preponderante;
- b) La idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio para satisfacer las necesidades presentes y futuras. (CMMAD, 1992)

De acuerdo con el Informe Brundtland: " Se considera, pues, el desarrollo sostenible como un *proceso de cambio continuo* –en lugar de un estado de armonía fijo- en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes con el potencial actual y futuro de las necesidades humanas". (Jiménez, 2000)

En 1989 las Naciones Unidas emiten la resolución, por la cual se acordaba realizar la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro en 1992 (veinte años después de celebrada la conferencia de Estocolmo en 1972), Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), y en dicha resolución se recomienda que es necesario enfocar de forma equilibrada e integral las cuestiones relativas al medio ambiente y al desarrollo, ya que "La causa mayor del deterioro continuo del medio ambiente global es el insostenible modelo de producción y consumo, particularmente en los países

¹ Nombrado así por Gro Harlem Brundtland, jefa entonces del Partido Laborista noruego, y líder de la comisión encargada de realizar el informe *Nuestro Futuro Común*.

industrializados. En tanto que en los países en desarrollo la pobreza y la degradación están estrechamente interrelacionados” (Ibíd., 2000).

A diferencia de los acuerdos en reuniones previas, la declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, pretende establecer una “alianza mundial equitativa” mediante la creación de niveles de cooperación entre los estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra.

Como resultado de esta reunión se concretaron dos acuerdos internacionales, así como la formulación de dos declaraciones de principios y un amplio programa de acción sobre desarrollo mundial sostenible, siendo:

- La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en la que se definen los derechos y responsabilidades de las naciones en la búsqueda del progreso y el bienestar de la humanidad.
- La Agenda 21, prototipo de las normas tendientes al logro de un desarrollo sostenible desde el punto de vista social, económico y ecológico.
- Una declaración de principios para reorientar la gestión, la conservación y el desarrollo sostenible de todos los tipos de bosques. (Enkerlin et. al., 1997)

Ejemplo de esto es la Declaración de Río en la que se exponen veintisiete Principios, en los que se hace todo un catálogo de las obligaciones que tienen los estados tanto hacia sus poblaciones como para el resto de los estados, para alcanzar el desarrollo sustentable y respeto al medio ambiente, mayor cooperación entre estados desarrollados con los países en desarrollo, así como mayor equidad en el nivel de vida, ya que con las desigualdades existentes entre los pobladores del planeta, será difícil lograr llevar a cabo

los Principios planteados en la Declaración de Río, siendo una muestra lo dicho en los siguientes principios:

- ⇒ **Principio 3.** *El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.*
- ⇒ **Principio 5.** *Todos los estados y todas las personas deberán cooperar en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, a fin de reducir las disparidades en los niveles de vida y responder mejor a las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.*
- ⇒ **Principio 7.** *Los estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros con que disponen. (CNUMAD, 1993)*

En lo que respecta al Programa 21 o Agenda 21, es una de las declaraciones de La Cumbre de Río 92 con los resultados más trascendentales, ya que es referente para el diseño de políticas empresariales y gubernamentales, así como para la adopción de decisiones personales, para el siglo XXI.

A partir de la declaración de Río, la Agencia Internacional de Energía² (AIE), y sus países afiliados como los no afiliados, de la cual México es miembro, aceptan el concepto de

² La Agencia Internacional de Energía (AIE), es un organismo autónomo afiliado a la OCDE, que ha buscado mejorar el funcionamiento de los mercados mundiales de energéticos mediante perfeccionamientos en la transparencia y eficiencia, la comunicación entre todos los mercados participantes y el intercambio de experiencias entre los países miembros. El punto de partida fundamental de la AIE sigue siendo el suministro adecuado y seguro de energéticos, en el marco de una relación sana con el medio ambiente.

desarrollo sustentable, creándose con esto un contexto político en el que se promueve el uso de “energía limpia”, mejoras en la eficiencia energética, así como diseño y aplicación de nuevas tecnologías.

En 1993 los Ministros de la AIE aprobaron un nuevo conjunto de metas compartidas, y con esto se desarrolla un enfoque global de los miembros de la AIE en cuanto a la política energética. Estas metas están encausadas hacia un desarrollo sustentable y la mayoría de ellas enfatizan los aspectos energéticos relativos al medio ambiente, la eficiencia y la tecnología limpia.

De acuerdo con lo anterior, “en 1994 y 1995 los ministros reafirmaron el objetivo planteado en 1993 en cuanto a la creación de un marco político consistente con las metas compartidas de la Agencia, las cuales buscan un equilibrio entre la seguridad energética, el desarrollo económico sustentable, la protección ambiental y el mejoramiento del medio natural.” (OCDE, 1997)

Una prioridad de la Agencia Internacional de Energía es el apoyo al pacto político plasmado en la Convención del Clima de Río y los objetivos expresados en el Mandato de Berlín³ en lo que concierne a compromisos futuros, con los que se trata estos mediante la aplicación de medidas que engloben a todos los objetivos de la política energética de la AIE y se dé un enfoque del problema que realmente sea viable, respecto al costo y efectivo a gastar y de largo plazo.

La realización de más reuniones ha continuado, dirigiendo su atención a las cuestiones de energía y clima, una de estas reuniones fue la que se llevó a cabo en Aarhus, Dinamarca en junio de 1996, llamada Conferencia de las Partes (COP-2), donde se reafirmaron los compromisos suscritos en Río y en Berlín conforme a la Convención Marco de la ONU sobre el Cambio Climático (CMCC), donde enfatizaron la necesidad de que el sector energético juegue un papel utilitario en el cumplimiento de los acuerdos. Como resultado del COP-2, se sugiere que existen las condiciones para disminuir la producción de gases con efecto invernadero, producidos por el sector energético de los países en desarrollo, con la cooperación conjunta de países desarrollados y en desarrollo.

³ Este Mandato convoca de conformidad con los términos de la Convención del Clima de Río, a definir los términos de la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero, para después del año 2000.

En noviembre de 1996, se organizó el segundo seminario internacional de diseño de modelos en colaboración del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), en la que se discutió las llamadas opciones políticas de "no arrepentimiento" (OCDE, 1997), en diferentes rubros relacionados con la energía, como la generación de electricidad, transporte y uso estacionario de combustibles fósiles con el fin de disminuir la producción de gases con efecto invernadero; también en este seminario se hizo énfasis en las posibilidades técnicas, económica y comerciales para dicho propósito de disminución.

En la última Cumbre del Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (Sudáfrica) 2002, uno de los objetivos fue la ratificación de varios tratados internacionales: Protocolo de Kyoto, sobre emisión de CO₂, Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, el Tratado Internacional sobre Recursos Genéticos de Plantas para la Alimentación y la Agricultura, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos y Persistentes (COP), el Convenio de Rotterdam sobre consentimiento previo informado antes de exportar ciertos productos químicos peligrosos y plaguicidas, el acuerdo de la ONU sobre recursos pesqueros que incluye varios planes de la FAO, el Convenio de Basilea sobre el transporte de residuos tóxicos y el Convenio europeo de Aarhus sobre el acceso a la información. En Johannesburgo con respecto al desarrollo sustentable y a la energía se acordó:

"Un programa amplio de políticas para el desarrollo sostenible ha de contar con programas de fomento de la capacidad, prestar atención a las necesidades de los pobres de las zonas rurales y de aquellos que no tienen acceso a servicios de energía o, si la tienen, son inadecuados, y apoyar el desarrollo de la energía renovable. La reducción de las subvenciones y la internacionalización efectiva de los costos ambientales asociados con el consumo de energía son elementos del mercado real. La liberalización de los mercados de electricidad, emprendida ya por muchos países, debería tener en cuenta las necesidades de los pobres de las zonas rurales y urbanas." (Naciones Unidas, 2002)

Y en lo que respecta a la energía renovable se expone en materia de promoción de energía renovable que:

“Muchos estuvieron de acuerdo en la utilidad y la posibilidad de aumentar el uso de fuentes modernas de energía renovable hasta que éstas constituyan, a más tardar en 2010 ó 2015, el 10% de las fuentes de energía utilizadas. También se opinó que cada país debería tener derecho a decidir su política energética y sus porcentajes de utilización de diversas fuentes de energía de acuerdo con sus necesidades y su capacidad.” (Ibíd., 2002)

En este caso se puede notar, que las naciones al menos plantean estar de acuerdo en tomar las medidas necesarias para que a la par de una mayor generación de energía, esta deba generarse por medio de energías renovables, para abarcar una parte considerable del abasto de energía eléctrica por medio de estas fuentes, para también abastecer a comunidades que carecían del suministro de esta y crearles mejores condiciones de vida, sin dejar de lado los costos que genera la producción de energía eléctrica, para adecuar las políticas energéticas a las necesidades actuales de cada país.

1.2 Experiencias de desarrollo sustentable en México.

A partir de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro en 1992, se tienen repercusiones apreciables para la elaboración y delimitación de la política ambiental en México. Es a partir de la creación de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) a mediados de los años noventa, que se institucionaliza el desarrollo sustentable, siendo en esta dependencia gubernamental en la que recae la responsabilidad de formular y vigilar el adecuado cumplimiento de las leyes y normas en materia ambiental, así como fomentar el uso racional de los recursos naturales renovables y no sólo en su preservación, sino como una base natural para el desarrollo económico del país, contribuyendo a la mejora del nivel de vida de la población siempre de una forma sustentable.

La SEMARNAP fue creada a partir de la fusión de otras secretarías de estado, relacionadas con los recursos naturales, agricultura, la pesca y de cuestiones jurídicas del medio ambiente, con el propósito de detener el deterioro ambiental, que se había estado dando en el país en los años anteriores, pero también de conjuntar el cuidado del medio

ambiente, una utilización económico racional de los recursos, en particular los renovables, y atendiendo a la población en cuestiones de salud y de su bienestar.

Para llevar a cabo todo lo anterior se consideraron que los siguientes factores, representan el marco de operación institucional sobre el medio ambiente en México (Muñoz, 2000) :

- La concertación entre los niveles directivos del sector de principios comunes de una política hacia el desarrollo sustentable.
- Las experiencias en otros países y las previas en el nuestro.
- Las capacidades y las facultades de los distintos organismos y unidades administrativas de la Secretaría. En su caso la necesidad de adecuarlas así como capacitar al personal.
- Los recursos presupuestales disponibles y la posibilidad de redistribuirlos en un esquema de prioridades nuevas.
- El marco legal y normativo y la necesidad de adecuarlo en el mediano y largo plazo.
- La articulación de acciones a través de programas comunes a cargo de distintos organismos y/o unidades administrativas.
- La problemática de cada sector, sus potencialidades, las prácticas productivas y las modificaciones que habría que incorporar para darles un sentido sustentable.
- La estructura administrativa acorde para llevar la nuevas Tareas. Definición de responsables, funciones y atribuciones.

Como una forma de avalar todos estos propósitos, desde el punto de vista legislativo se integró la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y que estipula su artículo primero que:

“La presente ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para.....”
(SEMARNAP, 1997)

A partir de ello se precisan las formas en que la sociedad puede participar en la planeación, ejecución y vigilancia de las políticas públicas, también se han formado diversos consejos, como el de Desarrollo Sustentable, Agua, Forestal, Pesca, Ambiente, etc., en los que participan autoridades de los tres niveles de gobierno, así como legisladores, organizaciones civiles, Instituciones académicas y productores. Siendo estos consejos el lugar donde se discuten las principales líneas de políticas nacionales sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

Cuando Borja (1998) analiza la posible explotación de las energías renovables tomando como referencia el desarrollo sustentable, expone que “Dentro de este contexto, el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía ofrece un potencial importante, mismo que día a día llama más la atención tanto de las autoridades públicas como de la iniciativa privada y del público en general, en la medida en que las tecnologías tienden a alcanzar su madurez técnica y económica.”

Se encuentra también establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 dentro del Objetivo rector 5: crear condiciones para un desarrollo sustentable, por medio de:

- Promover el uso sustentable de los recursos naturales

- Avanzar en la mitigación de las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Una limitante, para la implementación de estas medidas en un corto plazo, es la constante reducción en el presupuesto del que dispone la institución, pero lo que contrarresta estos problemas es la gran variedad de instrumentos disponibles que permite actuar desde diferentes puntos para trabajar con eficiencia, y uno de estos instrumentos que se empieza a aplicar aunque de manera incipiente es la aplicación de instrumentos fiscales para sancionar o premiar las decisiones económicas en los efectos de estas sobre el ambiente, también se han instituido los esquemas de financiamiento a los productores, con lo que se quiere propiciar cambios tecnológicos que vayan de acuerdo con la protección ecológica.

A partir de las normas y leyes promovidas en la LGEEPA, que han surgido en México las llamadas Empresas de Base Tecnológica (EBT), tienen como característica que cuentan con personal altamente capacitado, y el desarrollo de innovaciones, siendo esto el resultado de las actividades de investigación y desarrollo que llevan a cabo, mismas que complementan con alianzas con universidades y centros de investigación y desarrollo. (Saldívar, 1998)

Al analizar a fondo la difusión y puesta en funcionamiento de estas tecnologías en alguna región determinada del país se tiene que valorar cuestiones relativas al lugar seleccionado en donde se piensan poner en marcha así como el trabajo de los distintos actores que intervienen en el diseño y operación de estos proyectos. Esto lo menciona Tapia⁴, al mencionar que no es suficiente si se acepta que la limpieza de una tecnología no es atributo por si misma, sino del contexto socioecológico particular donde se propone su aplicación. En este sentido el desarrollo innovativo requiere un mínimo de contenido endógeno, lo que impone reforzar todas las capacidades en todos los niveles (empresa, sector, país) para desarrollar, asimilar y adaptar tecnología.

Así, el estado mexicano debe tomar la iniciativa para establecer reglamentos y políticas adecuadas entre el pago de los costos y los beneficios en la búsqueda de un desarrollo sustentable, a la vez con la inclusión de los distintos actores de la sociedad que intervienen

⁴ Tomado de Saldívar 1998

en los distintos procesos económicos, políticos y sociales que están presentes en el entorno local para obtener una visión más amplia, como un real involucramiento para alcanzar los objetivos planteados en un corto, mediano y largo plazo, siendo fundamental el tomar en cuenta los compromisos adquiridos en instancias internacionales en los que se trabaja por un bien común, pero partiendo del desempeño a nivel nacional para después intervenir en el mejoramiento de las condiciones en otros lugares.

También hay que tener muy presente que en la globalización mundial en la que estamos inmersos, hay una variedad de actores que presentan distintos niveles de poder económico, con lo cual pueden existir repercusiones para México que no fácilmente se puede cuantificar, y posibles afectaciones que se pueden presentar no sólo pueden ser en el campo económico sino también en el ambiental, energético y social.

1.3 Relación entre desarrollo sustentable y energías renovables.

Según la definición original, desarrollo sustentable es: *"el que usa los recursos naturales administrándolos de modo que se satisfagan las necesidades humanas de la actualidad sin disminuir las oportunidades de las generaciones futuras"*⁵, y complementando lo antes expuesto The World Commission on Environment and Development (WCED, 1987), enumera los puntos centrales necesarios que se han identificado para el desarrollo sustentable, siendo en un futuro: la Población y Desarrollo, Seguridad Alimentaria, Ecosistemas y Especies, **Energía**, Industria y el Desafío Urbano (Elliott, 1999). La misma WCED (1987), señala que para poner en práctica el desarrollo sustentable, se requiere entre otras cosas de *"Una producción del sistema que respete la obligación de preservar la base ecológica para el desarrollo"* (Ibíd., 1999), entonces la demanda de energía debe verse como parte en la transición a un desarrollo sustentable, con la producción de energía sustentable y renovable, alentando su uso de manera permanente como es el caso con la energía eólica, que también es considerada una energía limpia, y que en la actualidad tiene un gran auge en naciones desarrolladas, donde se están presentando cada día innovaciones tecnológicas con el fin de hacerla más eficiente.

⁵ World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1987. Tomado de Elliott, 1999.

En 1992 en la conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, los países participantes establecieron el principio del Desarrollo Sustentable, del cual derivó la propuesta de disminuir las emisiones de CO₂ y gases de invernadero producidos por las actividades humanas en el campo de la energía que varios países han empezado a implementar, llevando esto a mejores condiciones de vida para la sociedad, con un entorno menos contaminado, con la aplicación de tecnologías más limpias, como es el caso de los recursos renovables, para la generación de energía. En la actualidad los centros urbanos medios así como la pequeña y mediana industria demandan un consumo de energía que puede satisfacerse con una mezcla de fuentes alternas de energía y con tecnología convencional, pero además, aprovechando de mejor manera la red local de distribución y en menor grado la transmisión.

Con la explotación de estos recursos renovables se vislumbra una forma de crecimiento sostenible en el corto y mediano plazo, que se debe dar en todos los países, en especial los que están en desarrollo, ya que ahí todavía quedan algunos recursos naturales que tienen para satisfacer necesidades básicas y será lo que marque un futuro más equitativo en su desarrollo, ya que se mejorarían la dotación de este recurso en lugares en los que se carece de este, propiciando desarrollos en varios rubros de la industria, generando beneficios socioeconómicos y en general en todo el planeta tierra se ayudaría a reducir los niveles de emisiones de gases tipo invernadero que afecta nuestra forma de vida.

Como menciona Hernando Guerrero del Instituto de Ecología de la UNAM en varias entrevistas, en el caso de los recursos naturales renovables, habría que extraer cantidades a una velocidad tal que se permita a la propia naturaleza –o bien a la naturaleza ayudada por la tecnología- regenerarse. Y a la demanda de energía debe verse en el contexto de la transición a un desarrollo sustentable y en consecuencia no puede alejarse de las formas de producir la energía y del flujo de materiales que desencadena.

Como una forma de analizar la generación de electricidad por medio de energías renovables y específicamente con la energía eólica, en este caso será necesario considerar el desarrollo sustentable como punto de partida para la comprensión del desenvolvimiento de este tipo de energía en el contexto actual, es necesario tomar como referencia lo expuesto en la última Cumbre del Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (Sudáfrica) 2002, en la que se recomienda la necesidad de hacer mayor hincapié en la

energía renovable; y la necesidad de que las tecnologías basadas en los combustibles fósiles sean más eficientes y limpias, porque los servicios de energía son fundamentales para el crecimiento económico y constituyen una vía de acceso al desarrollo sostenible en general, ya que la energía constituye un aspecto fundamental de la vida de los pobres y les afecta en relación al acceso de alimentos, agua, salud, e ingresos y puestos de trabajo. También se menciona que: “sin embargo, el cambio a modalidades de consumo energético más limpias y sostenibles, exige políticas y estrategias. Dicho cambio no vendrá dictado por la escasez, por lo menos no en un futuro previsible. Algunas personas subrayaron que un método útil de promover fuentes de energía más sostenibles era establecer calendarios con plazos fijos para alcanzar los objetivos. Un programa amplio de políticas para el desarrollo sostenible ha de contar con programas de fomento de la capacidad, prestar atención a las necesidades de los pobres de las zonas rurales y de aquellos que no tienen acceso a servicios de energía o, si la tienen, son inadecuados, y apoyar el desarrollo de la energía renovable.” (Naciones Unidas, 2002)

Dentro del Grupo Latinoamericano de Trabajo sobre Energización para el desarrollo Rural Sostenible (GLAEDRS) se ha trabajado para definir un marco conceptual con dos aspectos fundamentales, respecto a energía y desarrollo sustentable: “la energía es un componente del desarrollo sustentable que actúa como instrumento metodológico en el ambiente y la planificación-gestión. Se concibe a la energización como un proceso que transcurre en una dimensión temporal y otra espacial, desenvolviéndose por consiguiente en territorios concretos, desde una simple unidad de producción hasta unidades que implican micro regiones o a la nación misma”. (Jardón, 1995)

Con las actuales condiciones de deterioro ambiental que sufre el planeta por la emisión de gases contaminantes con efecto invernadero, relacionados al proceso de generación de energía, tienen vínculo con el cambio climático mundial. Por ello se estableció el Protocolo de Kyoto, para la disminución de estas emisiones (aunque falta aún la ratificación por parte de algunos países que generan gran cantidad de gases contaminantes de efecto invernadero). Si a ello le sumamos la falta de atención a las necesidades de los pobres de las zonas rurales y de aquellos que no tienen suministro de energía, hacen pensar cada vez más seriamente en la implementación combinada de varios tipos energías renovables para el suministro de energía y satisfacer las necesidades que requiere la población de este servicio además de ser una forma limpia de producción de energía.

Para complementar lo anterior, al mismo tiempo se tiene que establecer la reducción de las subvenciones a fuentes contaminantes y la internacionalización efectiva de los costos ambientales asociados con el consumo de energía que son elementos del mercado real, aunque es importante tener en cuenta las necesidades de los pobres de las zonas rurales y urbanas, ahora que ya se ha emprendido en la liberalización de los mercados de electricidad en muchos países o se está en vías de emprenderla.

1.3.1 Energías Renovables

Dentro de las fuentes de energía encontramos dos tipos, las denominadas primarias y secundarias, las primeras se refieren a los recursos naturales disponibles en forma directa como la energía hidráulica, eólica y solar, o indirecta, que atraviesan un proceso minero, como por ejemplo el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, etc., sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación. Estas fuentes de energía primaria también coinciden con las llamadas energías renovables, que más adelante se explicaran a fondo.

Se denomina energía secundaria a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. Alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo.

Los energéticos considerados fuentes renovables, según el Grupo Consultivo de Energía Renovable de Reino Unido (REAG por sus siglas en inglés), "abarca los flujos de energía que ocurren repetida y naturalmente, esto en el medio ambiente y este (flujo) puede ser aprovechada para el beneficio humano. Las fuentes máximas de estas energías son el Sol, la gravedad y rotación terrestre"⁶. Es por eso que este tipo de energías son susceptibles de ser explotadas de manera indefinida, aunque esto no quiere decir que sea abundante o que su explotación resulte gratuita, al estar presentes en un espacio determinado y constante en el tiempo. Se calcula que aproximadamente el 2% de la energía solar que llega a la Tierra, se convierte en energía de los vientos (energía eólica), ver figura 1.

⁶ More recently the UK Renewable Energy Advisory Group (REAG) defined renewable energy as 'the term used to cover those energy flows that occur naturally and repeatedly in the environment and can be harnessed for human benefit. The ultimate sources of most of this energy are the sun, gravity and the earth's rotation.'

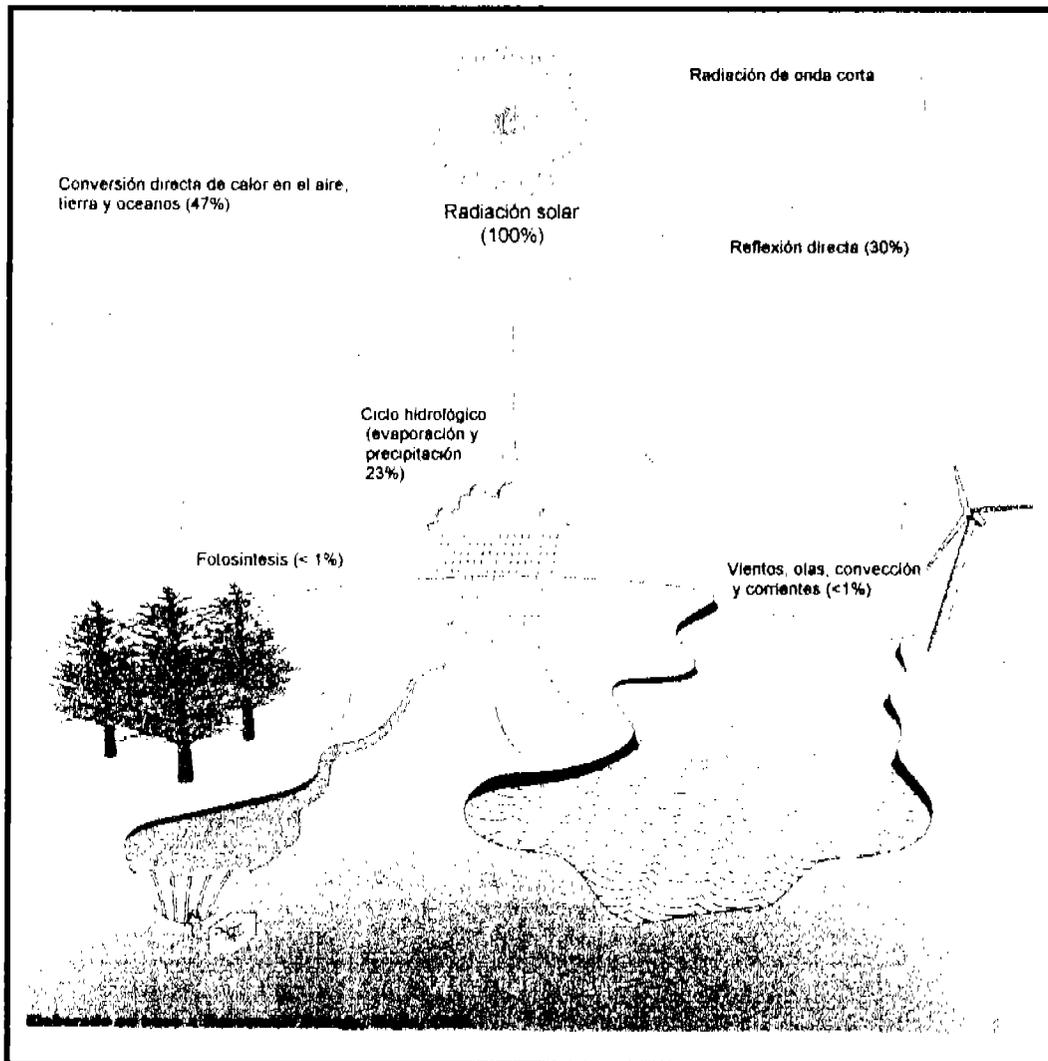


Figura 1. Porcentaje y transformación de la radiación solar sobre la tierra, que se puede convertir en distintas formas de energía renovable (eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, etc.).

Según Lucas (1999), las energías renovables “generalmente formadas a partir de otra u otras fuentes, son aquellas cuyas reservas se estima que vayan a durar indefinidamente, es decir ilimitadas respecto a las necesidades humanas presentándose en diferentes formas: Solar, eólica, biomasa, minihidráulica, geotérmica, mareomotriz, energía de las olas, etc.”

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las convencionales, la más difundida es la hidráulica a gran escala.

El impacto ambiental que generan las formas convencionales de generación de energía eléctrica tanto las que utilizan combustibles fósiles (termoeléctrica, carbonoeléctrica), como la hidroeléctrica, geotérmica y nucleoeléctrica son: en el caso de las que utilizan combustibles fósiles (gas natural, diesel, combustóleo y carbón), los principales impactos potenciales sobre el medio ambiente debido a este tipo de generación de electricidad se dan sobre el aire con emisiones de SO_2 (dióxido de azufre, se origina en cantidades importantes durante la combustión del azufre contenido en el combustible, se considera que contribuye al fenómeno de la lluvia ácida), NO (óxidos de nitrógeno, estos contribuyen al fenómeno de la lluvia ácida y están también relacionados con la disminución de la capa de ozono), CO_2 (dióxido de carbono, es responsable de aproximadamente el 50% de cualquier efecto causado por los denominados gases de invernadero), ver tabla 1, hay vertidos químicos y térmicos en las aguas; disposición de cenizas; se produce contaminación auditiva, impacto visual y generación de residuos sólidos, también hay impactos climáticos locales y visuales por uso de torres de enfriamiento.

En el caso de la generación hidroeléctrica puede causar impactos adversos en el ciclo hidrológico, la calidad del agua, la ecología de los ríos, migración de peces, así como la destrucción de paisajes naturales valiosos y ecosistemas, con la energía geotérmica se pueden tener efectos ambientales adversos sobre agua, aire y tierra, como son degradación de los ecosistemas durante la construcción, contaminación de suelos y agua por salmueras y emisiones moderadas de bióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico.

Las centrales nucleares generan algunos impactos ambientales que son comunes a las centrales térmicas clásicas: el impacto térmico, el químico proveniente del vapor de agua descargado, el climático por los embalses de refrigeración, el acústico, el visual y el social (Lucas, 1999 y Campos, 1997).

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES			
Tipo de Central	Energético empleado	Cantidad de energía generada en MW.	Tipo de contaminantes producidos y cantidad anual en toneladas (t).
Termoeléctrica	Gas, combustóleo, diesel.	543 Aprox.	Oxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y dióxido de azufre. 14,100 t.
Carboeléctrica	Carbón	800 Aprox.	8,500 t. de bióxido de carbono, 12,000 t. de bióxido de azufre, 6,000 t de bióxido de nitrógeno, 2,000 t. de partículas, 340,000 t. de cenizas y 70,000 t. de azufre.
Nucleoeléctrica	Combustible de Uranio	1,338 Aprox.	Residuos de alta actividad, altamente radioactivos y nocivos para la salud: plutonio 239 (vida media de 24,400 años), neptuno 237 (vida media de 2,130,000 años) y el plutonio 240. Estos generan en volumen aprox. de 3 m ³ de residuos.
Eoloeléctrica	Viento	500	Ninguno

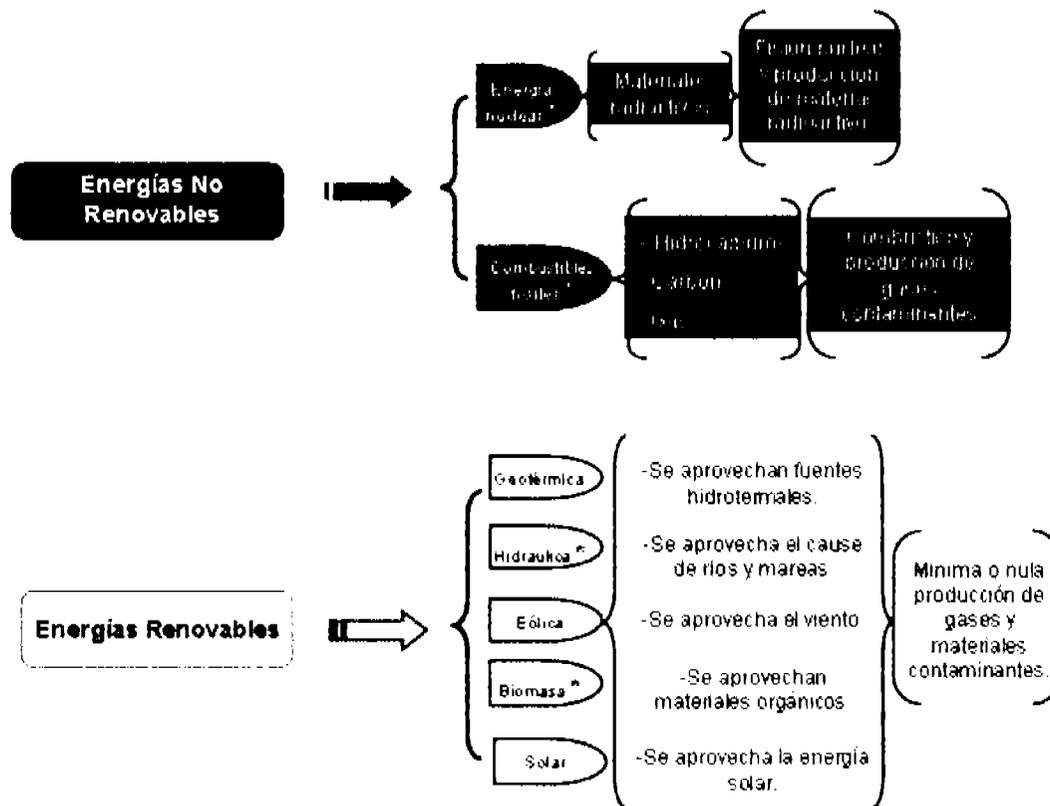
Fuente: CFE, SENER, EWEA, MMAE.

Como energías renovables no convencionales (ERNC) se consideran la eólica, la solar, la geotérmica y la de los océanos. Además, existe una amplia gama de procesos de aprovechamiento de la energía de la biomasa que pueden ser catalogados como ERNC. De igual manera, el aprovechamiento de la energía hidráulica en pequeñas escalas se suele clasificar en esta categoría. (figura 2)

Las fuentes de energía no convencionales, al ser autóctonas y, dependiendo de su forma de aprovechamiento, generar impactos ambientales significativamente inferiores que las fuentes convencionales, las ERNC pueden contribuir a los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental de las políticas energéticas. La magnitud de dicha contribución y la viabilidad económica de su implantación, depende de las particularidades en cada país de elementos tales como el potencial explotable de los recursos renovables, su localización geográfica y las características de los mercados energéticos en los cuales competirían.

Además existe una condición que se refiere a la explotación de las fuentes renovables y es que estas no pueden ser explotadas a mayor velocidad la que se producen, pero si pueden ser explotadas de tal manera que con tecnologías eficientes se pueda tener una producción de energía constante y alta.

Figura 2. Energías No Renovables y Renovables



Fuente: Carless, 1995 y Lucena, 1998.

Nota: El asterisco (*) significa que este tipo de energía pertenece a las fuentes energía convencionales.

Aunque el 30% de la energía procedente del Sol es reflejada por la atmósfera terrestre, el 70% restante la atraviesa experimentando cambios o no en sus características, lo que da

lugar a las distintas fuentes de energía renovable, cuyas formas y aprovechamiento serán asimismo diferentes (Jarabo, 2000), siendo las principales energías renovables:

- Hidráulica

- Eólica

- Geotérmica

- Biomasa

- Mareomotriz

En su mayoría a las energías renovables se les considera, como formas limpias de generación de energía y en el momento de su explotación se considera que ocasionan poca perturbación en el medio ambiente en general, también tiene una buena aceptación de parte de la población, sin embargo para que tengan éxito las tecnologías de aprovechamiento es necesario:

- Conocimiento de la necesidades y posibilidades

- Demanda popular

- Grado de integración de los sistemas actuales

- Sencillez y bajo coste de la tecnología, y

- Apoyo institucional, tanto educativo como económico, (Jarabo, 2000).

El aprovechamiento de las mismas contribuye al ahorro de combustibles convencionales, particularmente de los fósiles. La adecuada utilización de estas fuentes renovables es, además, una excelente opción para reducir el impacto ambiental que ocasiona la generación de energía.

Capítulo 2. Desarrollo actual de la energía eólica a nivel mundial y su estado en México.

2.1 Historia y uso de la energía eólica en el mundo.

Desde las más tempranas civilizaciones, se empezaron a emplear recursos energéticos sin la fuerza animal, como el caso de la energía eólica, algunos ejemplos del aprovechamiento de esta forma de energía, se dieron con los egipcios hace aproximadamente unos cinco mil años, al utilizar el viento como propulsor de sus embarcaciones a vela para transportarse por el río Nilo (figura 3), y probablemente en el área de la antigua Mesopotamia utilizaron la energía del viento para los molinos de viento en los que se trituraban semillas, aunque no hay pruebas de ello.

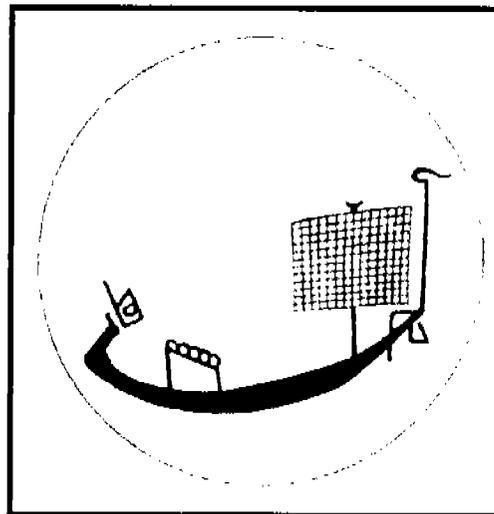


Figura 3. Grabado egipcio de una embarcación impulsada a vela perteneciente a la época del Alto Imperio, 4.500 años a de N. E.

La primera referencia histórica sobre una posible utilización de la energía eólica que no fuera para la navegación data del año 1700 antes de nuestra era, y correspondió a los

proyectos de irrigación del emperador Hammurabi (Cádiz, 1984). La dispersión de los molinos de viento en el medio oriente y las tierras del mediterráneo fue gracias a las guerras de conquista Árabe.

Una idea de la importancia que adquirió la energía eólica nos la da el hecho de que en el siglo XVIII, los holandeses tenían instalados y en funcionamiento alrededor de 20,000 molinos, que les proporcionaban una media de 20 Kwh. al año por cada molino, energía nada despreciable para las necesidades de esa época (García, 1987).

En 1890, el gobierno danés desarrolló un programa eólico para generar electricidad, encargando la dirección del proyecto y trabajos al profesor Lacour. El mismo diseñó en 1892 una planta experimental, aplicando los principios establecidos por Smeaton un siglo antes, y más tarde llegó a construir otra de mayor potencia en el cual se experimentó hasta 1929, hasta que un incendio la destruyó. Pasados numerosos ensayos, Lacour acabó diseñando el primer prototipo de aerogenerador electrónico, la máquina utilizaba rotores cúatriples de 25 m de diámetro, capaces de desarrollar entre 5 y 25 Kw, mediante un generador situado en la base de una torre metálica de 24 metros de altura (Cádiz, 1984).

Entre las dos Guerras Mundiales florecieron los estudios y los diseños para la generación de energía eólica, siendo un factor determinante la carencia de petróleo, principalmente en Dinamarca, Reino Unido, Alemania y Francia, con el propósito de generar energía eléctrica. En Yalta, en la Unión Soviética en 1931 se construyó el aerogenerador más grande de ese tiempo, de treinta metros de diámetro en su rotor, con una producción de 100 kW, que funcionó durante diez años (Ratto, 1998).

Solamente en determinadas ocasiones a lo largo del siglo XX en las que por un motivo u otro el orden económico se ha visto afectado por la dependencia energética es cuando el desarrollo de los recursos energéticos autónomos y en especial el de Energía Eólica ha sufrido un nuevo impulso; sin embargo en cada una de estas ocasiones, a medida que la crisis iba quedando atrás y la economía empezaba a repuntar, el superior coste de producción de las aeroturbinas respecto al petróleo terminaba por perjudicar los programas encaminados al aprovechamiento eólico. Y salvo algunas excepciones se mantuvieron en

constante desarrollo tanto la tecnología como las plantas de energía eólica en los casos de la Ex-URSS, Alemania y Dinamarca.

Pero a finales del siglo XX y principios del XXI, a lo largo del mundo se ha tenido un desarrollo cuantitativo de plantas generadoras de energía eléctrica por medio del viento, llamadas centrales Eoloeléctricas; dándose este desarrollo en mayor medida en los países de Europa Occidental, principalmente en Alemania, España, Dinamarca, Italia, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Grecia, ya que en estos países se producen tres cuartas partes de la energía eólica del total mundial.

En América, los Estados Unidos son el país con el mayor desarrollo de este tipo de energía aunque en fechas recientes Europa lo supera en generación total, su mayor auge en esta tecnología se dio en la década de los años ochenta cuando se instalaron una gran cantidad de granjas eólicas, construyendo numerosas unidades de aerogeneradores en una misma región, siendo conectadas a la red de energía eléctrica. Ello dió como resultado que en pocos años, de 1982 a 1986, los aerogeneradores instalados en los Estados Unidos tuvieran una capacidad mayor a 1200 MW, en particular en el Estado de California se instalaron 9,000 unidades (figura 4), que proveían de un poder de generación de 1,000 MW, (Ratto, 1998).

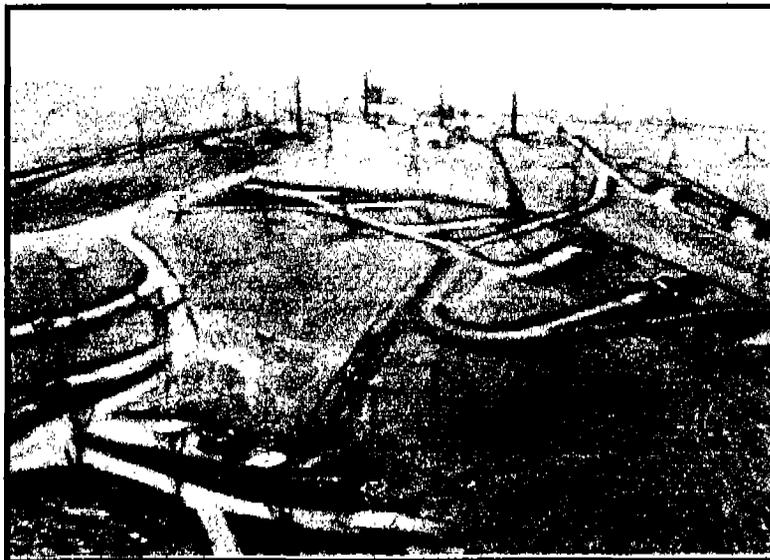


Figura 4. Central Eoloeléctrica en California, E.U.

El cambio en la política federal hacia el aprovechamiento de las energías renovables a finales de los años ochenta y principios de los noventa, detuvo en los Estados Unidos de América el interés por la instalación de generadores eólicos, justo antes del renovado interés que surgió en los Europeos hacia este tipo de tecnología a principios de los años noventa donde mantiene una tasa de crecimiento sostenida que sigue a la maduración que se da en esta tecnología y a la consolidación de su política de desarrollo sustentable, una muestra de este crecimiento se da entre los años de 1993 y 1997 en los que se agregan en la Unión Europea una capacidad eoloeléctrica promedio de 701 MW/ año. De este incremento se puede decir que se instalaron en promedio alrededor de 2 MW/ día en centrales eoloeléctricas, esto es similar a la capacidad total instalada en la República Mexicana en los mismos años.

Es importante mencionar que más del 95% de la capacidad eoloeléctrica instalada en la Unión Europea se concentra sólo en seis países:

- Alemania,
- Dinamarca,
- España,
- Reino Unido,
- Los Países Bajos e
- Italia

En el caso de América Latina y en especial en México el desarrollo de este tipo de tecnología para convertir el viento en energía eléctrica se dio solo hasta mediados de la década de los años noventa del siglo XX, dando como resultado un insipiente desarrollo, pero con posibilidades de ampliarse, a una escala que resulte significativa e importante a

futuro, resaltando la región del Istmo de Tehuantepec, donde la producción actual, junto con la que se genera en la península de Baja California, es de 2 Megawatts.

Aunque en recientes fechas se están construyendo más centrales eoloelectricas para ampliar la generación de energía eléctrica por medio del viento en la zona del Istmo de Tehuantepec, por parte de la iniciativa privada y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En el Istmo de Tehuantepec es donde se tienen los planes más consolidados, ya que ahí existe una central piloto de este tipo en marcha, con 7 aerogeneradores con buenos resultados en los 9 años que lleva en operación (desde 1994) y otra más en construcción, también se tiene proyectadas otras más a un corto y mediano plazo en esta misma zona del Istmo de Tehuantepec. Aunque la contribución de la energía eólica en la producción total de energía eléctrica que se consume en el país no es muy significativa ya que en el año 2000 sólo representaba entre el 0.01 y 0.02% del total de producción de energía eléctrica nacional.

En países como India y China puede considerarse de importancia considerable la capacidad de generación de electricidad instalada que se ha desarrollado en las últimas décadas, ya que representa un porcentaje significativo del total de producción de energía eléctrica de esos países, siendo promisorio su desarrollo a futuro.

2.2 Estado actual del desarrollo de la energía eólica a nivel mundial.

Tabla 2

CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA A NIVEL MUNDIAL EN EL 2002			
País	Capacidad total en MW(2002)	País	Capacidad total en MW(2002)
EUA	4,685	India	1,702
Canadá	238	China	468
México	2 (aprox)	Japón	415
<i>Total Norte América</i>	4,925	<i>Total Asia</i>	2,585
Alemania	12,001	Australia	104
España	4,830	<i>Total Oceanía</i>	104
Dinamarca	2,880		
Italia	785	Centro/Suramérica y África	225 (aprox)
Países Bajos	688		
Reino Unido	552	<i>Total Mex, CA, SA y África</i>	225 (aprox)
Suecia	328		
Grecia	276		
Portugal	194		
Francia	145		
Austria	139		
Irlanda	137		
Otros países de Europa	336		
<i>Total Europa</i>	23,291	Total Mundial	31,128

Fuente: AWEA/EWEA, RECORD GROWTH FOR GLOBAL WIND POWER IN 2002

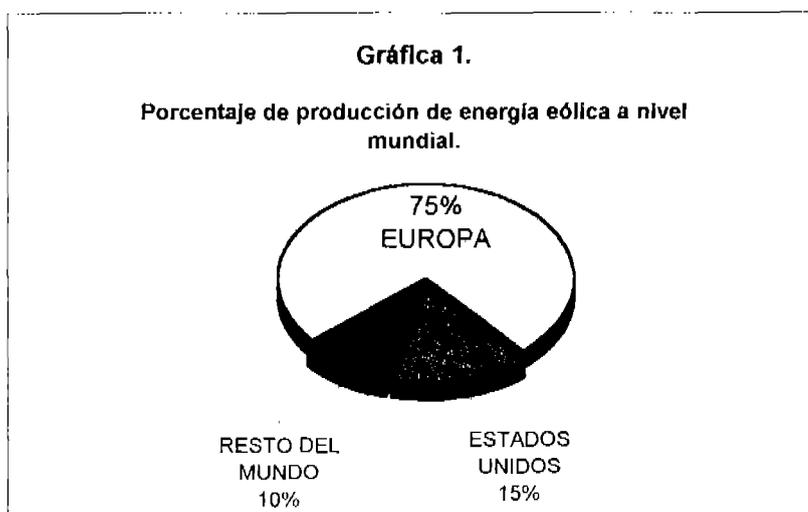
La energía eólica es la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo, ya que se dio un crecimiento de 28% en el año 2002 con respecto al 2001 de acuerdo con los datos expuestos por la Asociación Americana de la Energía del Viento¹ (AWEA por sus siglas en inglés) y La Asociación Europea de Energía del Viento² (EWEA, por sus siglas en inglés), presentándose como una alternativa confiable en un futuro basado en la electricidad sustentable, libre de contaminación y compatible con el entorno. Este tipo de energía en la actualidad satisface las necesidades de electricidad de alrededor de 14 millones de hogares, más de 35 millones de personas en todo el mundo.

¹ American Wind Energy Association (AWEA)

² European Wind Energy Association (EWEA)

En la reciente evaluación hecha en el anteproyecto global Wind Force 12³ sobre los avances de la energía eólica en el mundo, en los últimos años las nuevas instalaciones de energía eólica han superado a las recientes instalaciones nucleares, con más de 55.000 turbinas eólicas instaladas. Además de esta expansión física para la generación de esta energía, también proporciona otros beneficios escala mundial, generando en esta industria, empleo para alrededor de 70.000 personas, equivalente a más de 5 billones de dólares y está creciendo a un promedio de casi un 40 % anual. También se desprende de este que aunque dentro de dos décadas el consumo de la electricidad global se duplique, para una actividad como la actual, la energía eólica puede abastecer el 12 % de la demanda mundial.

De acuerdo con lo publicado en el informe de la AWEA / EWEA titulado *Registro del Crecimiento Global del Poder del Viento en 2002 (Record Growth for Global Wind Power in 2002)*, tres cuartas partes de la producción de energía eólica en el mundo se realiza en Europa (23,291 MW), o sea, el 75% del total, los Estados Unidos generan el 15% del total mundial (4,685 MW) y el resto del mundo genera el 10% del total mundial (3,151 MW). Mostrando con estos datos que en Europa es donde se da actualmente el mayor empuje en el desarrollo y producción de este tipo de energía renovable y limpia. (Gráfica 1)



³ Elaborado por la Asociación Europea de Energía Eólica EWEA. Se trata de una actualización del análisis original de la Wind Force 10 (2002), publicado en 1999 que demostró que la energía eólica podía proporcionar el 10 % de la demanda mundial de electricidad de los próximos 20 años.

2.2.1 Tecnología utilizada para aprovechar la energía eólica en el mundo.

Una máquina eólica es cualquier dispositivo accionado por el viento y dependiendo de la aplicación, es decir, si se trata de bombeo de agua el sistema se denomina aerobomba, si acciona un dispositivo mecánico se denomina aeromotor y si se trata de un generador eléctrico se denomina aerogenerador.

Los distintos elementos de que consta una máquina eólica son en general los siguientes:

- Soportes.
- Sistema de captación.
- Sistema de orientación.
- Sistema de regulación.
- Sistema de transmisión.
- Sistema de generación.

De los elementos anteriores se explicará brevemente en que consisten y como se da su funcionamiento, para una mejor comprensión de los mismos.

Soportes

Las máquinas eólicas han de estar colocadas sobre un soporte, el cual puede ser una estructura metálica (parecida a las utilizadas para el transporte de energía eléctrica), que debe ser capaz de tolerar todo el empuje del viento que transmita el sistema de captación, también su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias debidas al suelo afecten a la máquina (Ver figura 5).

Sistemas de captación.

El rotor. Es el elemento principal de una máquina eólica, está compuesto por un determinado número de alabes o hélices, siendo su misión la transformación de la energía cinética del viento en energía mecánica utilizable (Ver figura 5).

Sistemas de orientación

Este sistema tiene la finalidad de orientar el rotor, es decir, que de alguna manera detecte la dirección del viento y sitúe el rotor en la misma dirección (Ver figura 6).

Sistemas de regulación

Los sistemas de regulación tienen por objeto controlar la velocidad de rotación y el par motor en el eje rotor, es decir, sirven para mantener constante la velocidad del rotor aunque haya variaciones en la velocidad del viento (Ver figura 6).

Sistema de transmisión

Este sistema consiste en transmitir la energía mecánica obtenida por el rotor para poder aprovecharla de alguna manera, en el caso de los aerogeneradores es necesario aumentar primeramente la velocidad de giro, ya que generalmente tienen unas velocidades de rotación demasiado bajas como para poder accionar directamente un generador de corriente eléctrica (Ver figura 6).

Sistema de generación

Los generadores que transforman la energía mecánica en eléctrica pueden ser dinamos o alternadores.

El dínamo es una máquina eléctrica sencilla, que produce corriente continua. Los alternadores se diferencian de los dinamos, aparte de producir corriente alterna.

Los componentes de la unidad eólica para la producción de energía comprenden una o más unidades operando eléctricamente en paralelo, e incluye los siguientes componentes:

1. Soportes.
2. Sistema de captación.
3. Sistema de orientación, el mecanismo de desviación incluyendo la veleta trasera.
4. Sistema de transmisión.
5. Sistema de generación.
6. Sistema de regulación.

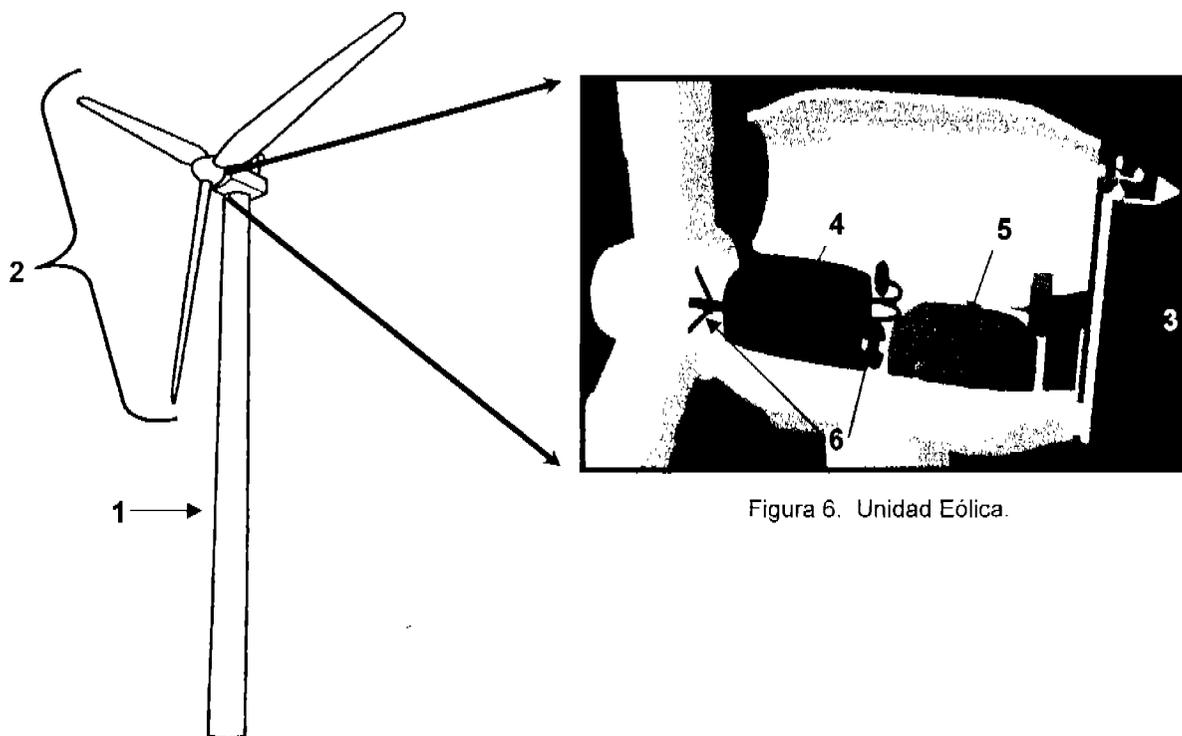


Figura 5. Aerogenerador.

Figura 6. Unidad Eólica.

Los sistemas modernos cuentan frecuentemente con los componentes adicionales siguientes:

- la capacidad electrónica
- el uso de controles electrónicos incorporados usualmente a la computadora
- la batería para incrementar la disponibilidad de carga de un modo único
- el enlace de transmisión conectado a la red eléctrica.

En la actualidad la mayoría de los modernos aerogeneradores son dispositivos que transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica, tomando en cuenta la existencia de distintos rangos de aerogeneradores, desde los que producen de 200 a 1,500 kW de energía hasta las relativamente grandes turbinas que producen 1 MW o más y tomando en cuenta que los aerogeneradores que se usan para producir electricidad en gran escala, estas son máquinas de gran tamaño que se conectan a las redes eléctricas convencionales.

A pesar de que su concepto básico sugiere una relativa sencillez, los aerogeneradores no son sistemas simples ya que están integrados por subsistemas aerodinámicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos, cuyo desarrollo e integración ha presentado retos tecnológicos importantes. Como consecuencia, a pesar de que su diseño conceptual data desde hace unas décadas, el logro de su madurez técnica se ha venido gestando durante los últimos 10 años (Borja, 1998).

La tecnología que se utiliza en la actualidad en gran parte de las centrales eoloeléctricas para la generación de energía a gran escala, se trabaja con las denominados aerogeneradores de eje horizontal (HAWTs⁴, por sus siglas en inglés), que generalmente tienen 2 o tres alabes (hélices) o más alabes (Boyle, 1996).

⁴ Horizontal axis wind turbines / Aerogeneradores de eje horizontal.

Los denominados aerogeneradores HAWTs son máquinas que cuentan con varias ventajas, primeramente es omnidireccional y trabaja con un mecanismo de no desviación que le sirve para auto orientarse continuamente hacia la dirección donde el viento sopla; también goza de una segunda ventaja que es el accionar vertical del asta que simplifica la instalación de la caja de engranajes y del generador eléctrico en la toma de tierra, haciendo la estructura mucho más simple.

A estos aerogeneradores modernos se les denomina como de solidez baja HAWTs, toman la forma tradicional de los molinos de viento y son por mucho los de fabricación más común en la actualidad, (figura 7).

Y como menciona Borja (1998), “este desarrollo de la tecnología eoloeléctrica en el plano internacional se tienen dos vertientes principales: desarrollo de máquinas con más facultad para aprovechar vientos de poca intensidad y de equipos robustos para aprovechar vientos intensos. Ambas vertientes buscan mejorar continuamente (como en todas las tecnologías ya maduras) tanto los aspectos de comportamiento técnico como los que impactan los costos de fabricación, operación y mantenimiento”

Este tipo de tecnología deriva de un largo proceso de desarrollo en la ingeniería aeronáutica, aplicado a los alabes, para proporcionarles una mejor resistencia, mostrando una clara y aerodinámica apariencia que las hacen más eficientes en la generación de energía eléctrica y aprovechando al máximo los vientos, estando además compuestos estos aerogeneradores de dos o tres hélices comúnmente, siendo los que universalmente se ocupan para la generación de energía eléctrica.

Este tipo de aerogeneradores son manufacturados comercialmente para producir niveles de energía entre 700 kW y 1 MW, son principalmente producidos en Dinamarca, los Estados Unidos, el Reino Unido, en los Países Bajos, Alemania, Italia, España, Bélgica, Japón, Austria y China. Se calcula que hay un aproximado de 20,000 aerogeneradores del tipo “HAWTs de escala media”, este término es usado comúnmente para los aerogeneradores que están en el rango entre 100 y 700 kilowatts (kW), existiendo también aerogeneradores del tipo “HAWTs de escala pequeña” se les denomina así a los que tienen bajo poder de producción de energía, siendo considerable la cantidad instalada alrededor del mundo por su tamaño (Ibid., 1996).

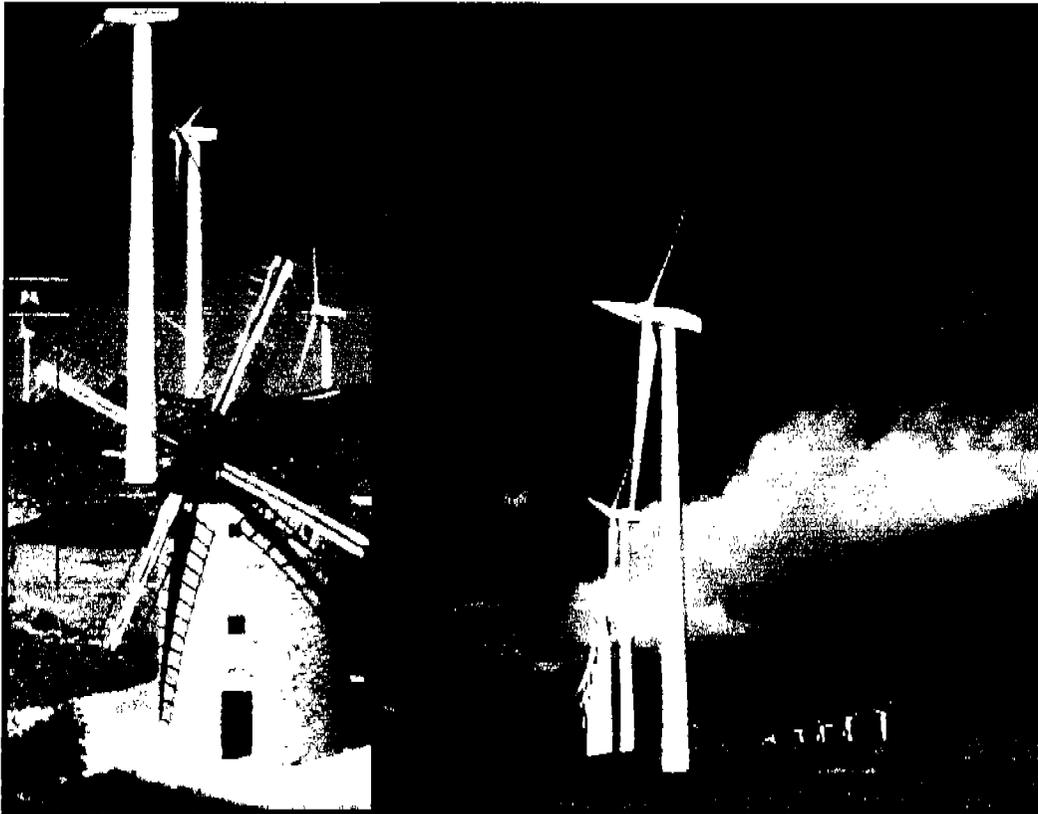
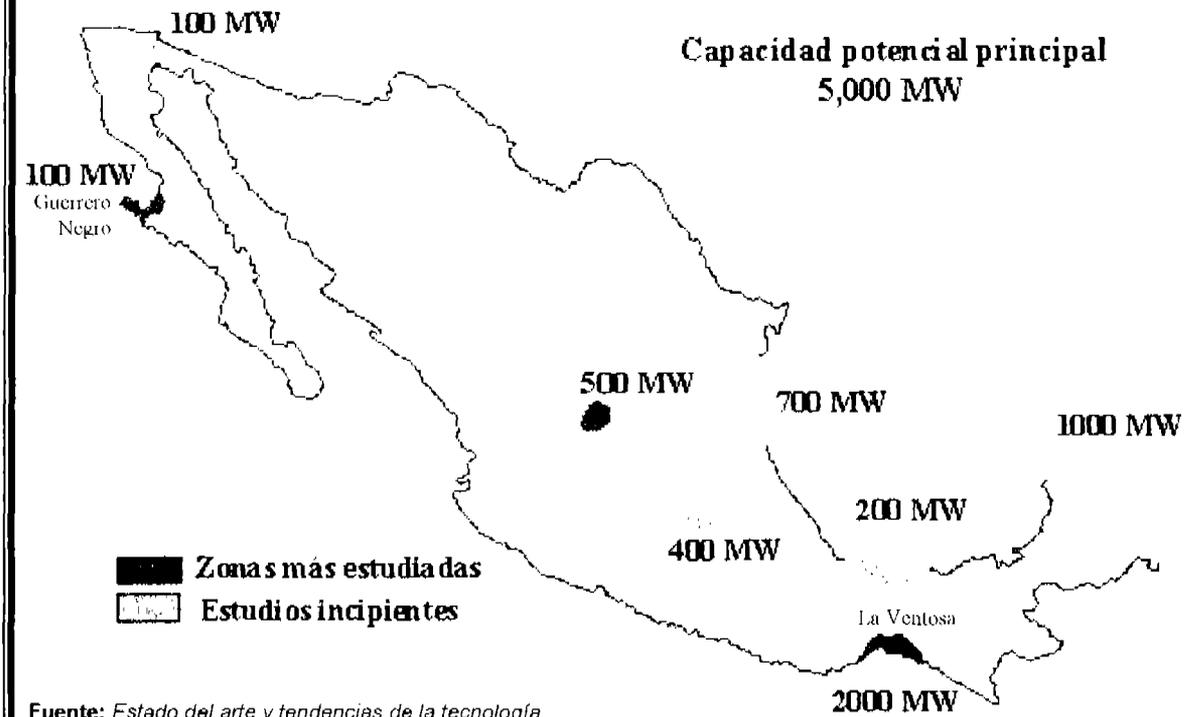


Figura 7. Aerogeneradores HAWTs.

2.3 Antecedentes del desarrollo de la energía eólica en México.

En México el desarrollo de tecnología para el aprovechamiento del viento para generar energía eléctrica, tiene sus inicios en los años ochenta cuando de forma incipiente el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad de manera conjunta con el apoyo económico de los gobiernos de algunos estados se empiezan a realizar mediciones anemométricas in situ para la evaluación y caracterización del recurso eólico de las regiones las cuales podrían ser susceptibles de explotación y que representarían el mayor potencial de generación, ver figura 8.

Figura 8. Regiones susceptibles de explotación



Fuente: Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloeléctrica. Borja 1988.

De acuerdo con Quintanilla⁵, la tecnología usada en la energía eólica, para generar electricidad es económica en ciertas áreas o nichos de mercado. Aunque la tecnología se encuentra cerca de ser considerada madura es necesario realizar mayor investigación y desarrollo para reducir costos de generación. Ya que este tipo de tecnología es muy sensible al costo agregado de aranceles de su importación así como fletes, seguros y la supervisión del montaje por personal proveniente del extranjero, es por eso que la generación eoloeléctrica para ser económicamente viable requiere de fabricación y ensamble nacional, para abatir el costo del kW instalado.

⁵ De la ponencia del mismo autor. Tomado de Campos 1997.

Dado que la República Mexicana presenta una orografía que complica la instalación de centrales eoloeléctricas por la gran cantidad de sierras y terrenos agrestes, las regiones que resultaron más propicias para la explotación de este tipo de centrales eoloeléctricas, en su mayoría se encuentran ubicados en zonas costeras y planicies de la república como fue La laguna y Guerrero Negro en Baja California, Pachuca y Santa María Magdalena en Hidalgo, en el Puerto de Veracruz, Veracruz, La Ventosa y La Venta en Oaxaca y también Cabo Catoche en el estado de Quintana Roo, siendo la excepción dentro de las ubicaciones costeras o de planicie el cerro La Virgen en Zacatecas que cuenta con condiciones geográficas excepcionales de vientos para la explotación de este recurso.

Estos lugares antes mencionados poseen un recurso eólico comparable con aquellos que se encuentran en los mejores lugares del mundo.

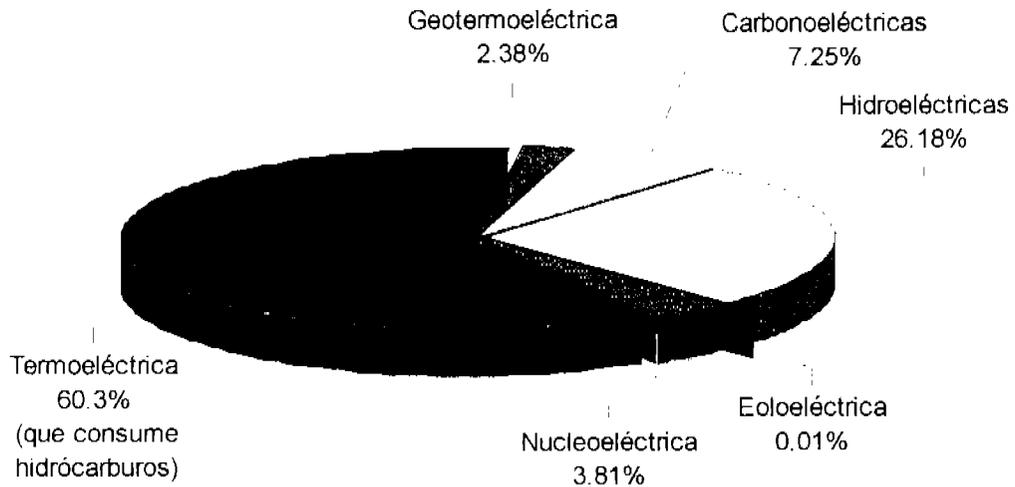
En México se tienen contempladas diferentes Ciudades en donde la velocidad del viento es aceptable para generación de energía eólica, y en particular nos enfocamos a La Venta, Oaxaca situada en el Istmo de Tehuantepec, que por su ubicación, condiciones meteorológicas y topográficas nos dan un lugar idóneo para el desarrollo y explotación de este tipo de energía.

2.3.1 Estado actual del desarrollo de la energía eólica en México.

De acuerdo con datos recientes de la Comisión Federal de Electricidad en el país sólo hay dos centrales eoloeléctricas que producen energía eléctrica a gran escala, llegando estas en su conjunto a una producción de aproximadamente 2 MW., representando el 0.01%, de la energía eléctrica que se produce en el país (Grafica 2), con respecto a la fuente de energía es aún menor el porcentaje de participación de la energía eólica ya que sólo representa el 0.004%, como se muestra en la gráfica 3, siendo las centrales:

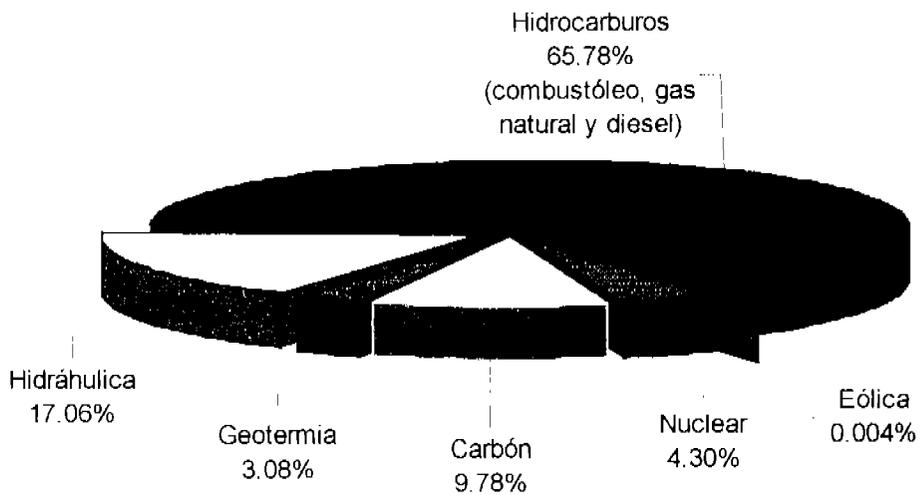
Gráfica 2.

Porcentaje por forma de generación de electricidad en México.



Gráfica 3.

Porcentaje de generación de electricidad en México a partir de fuentes de energía.



-Central Eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca⁶

La Central de La Venta se localiza en el sitio del mismo nombre, a unos 30 kilómetros al noroeste de la ciudad de Juchitán, Oaxaca. Fue la primera planta eólica integrada a la red en México y en América Latina, con una capacidad instalada de 1.575 MW. En el siguiente capítulo se ahondará más sobre las características de esta central y su desarrollo actual, (figura 9).

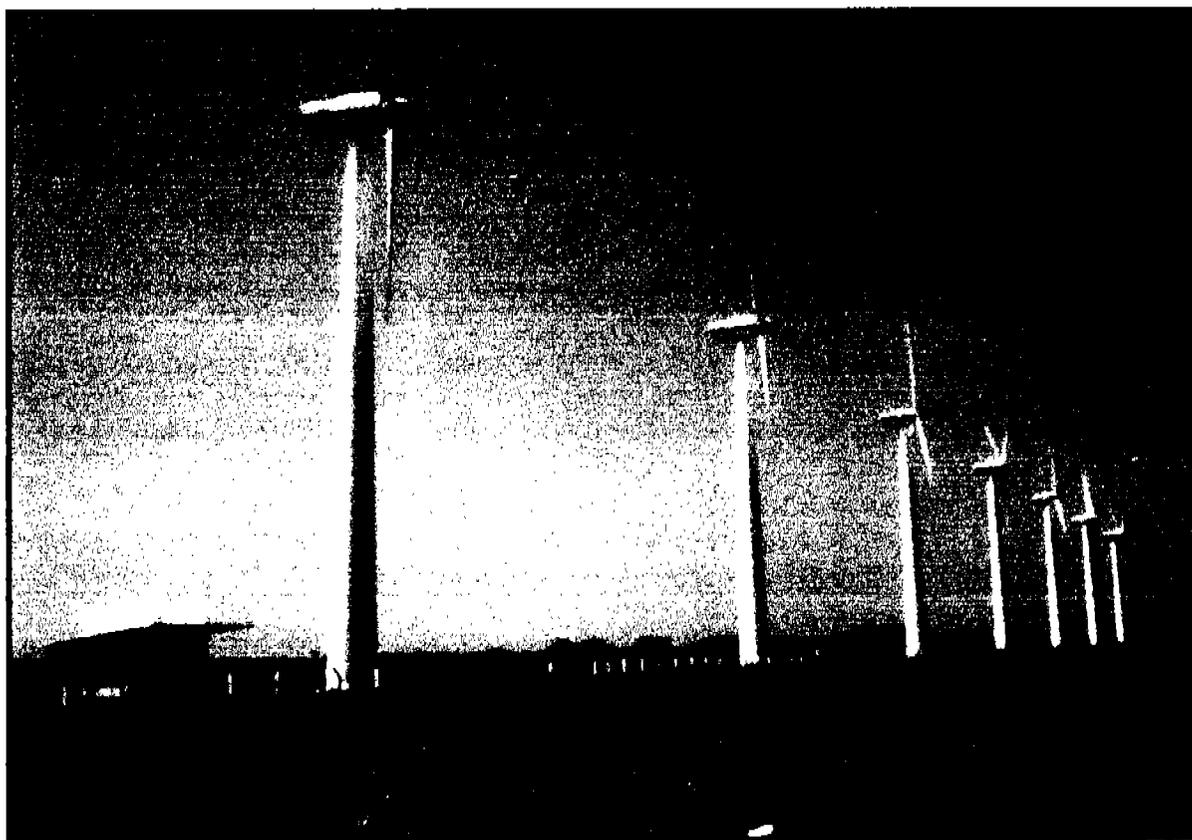


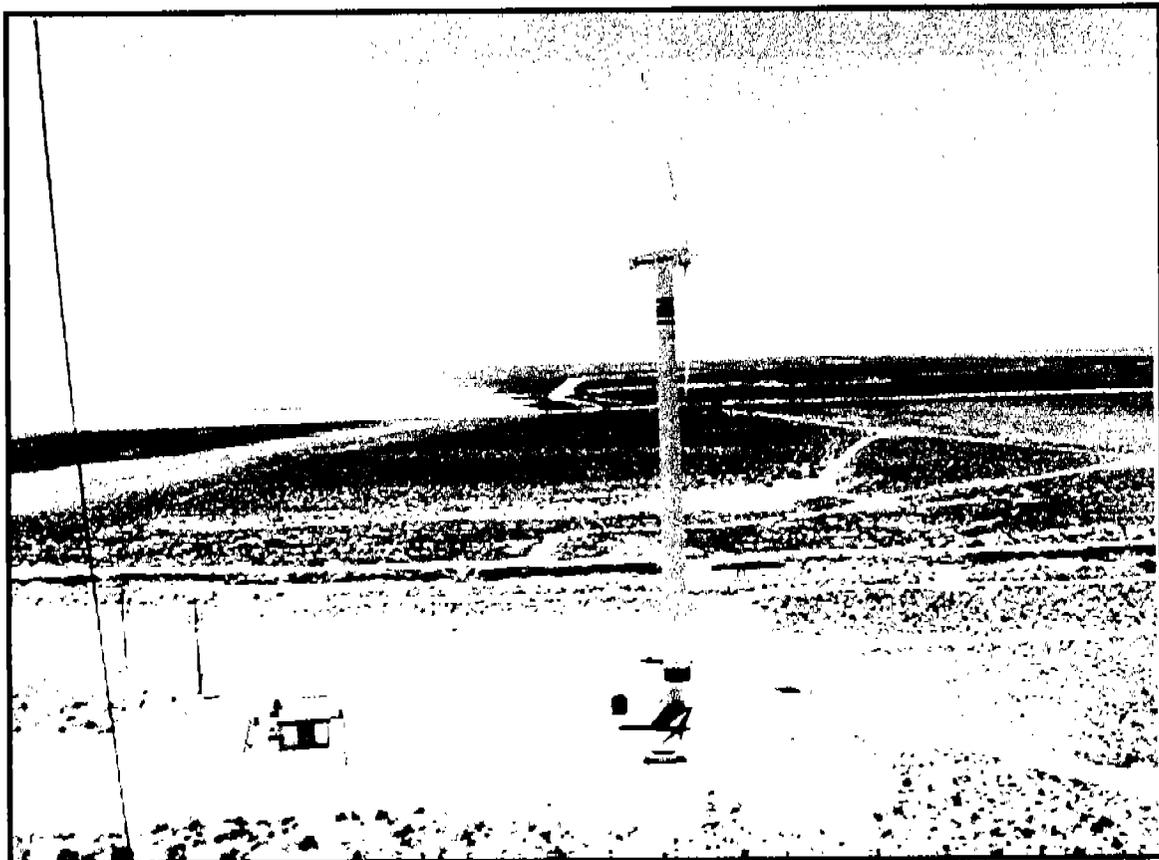
Figura 9. Vista de la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.

⁶ Los datos técnicos de ambas centrales fueron tomados de la página en internet de la Secretaría de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad.

-Central eoloelectrónica de Guerrero Negro, Baja California Sur⁵

En Septiembre de 1997, la Comisión Federal de Electricidad, a través de su Unidad de Nuevas Fuentes de Energía, lanzó una licitación pública internacional para el suministro de un aerogenerador de 600 kW, destinado a su instalación en Guerrero Negro, Baja California Sur.

Se ubica en las afueras de Guerrero Negro, Baja California Sur, dentro de la Zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno. El aerogenerador entró en operación durante el tercer trimestre de 1998, posteriormente se interconectó al sistema eléctrico local y opera en paralelo con la central diesel que suministra energía eléctrica para la zona (figura 10).



Existen generación de energía eléctrica de unidades eólicas de pequeña escala en industrias privadas para el autoabastecimiento, como:

-Proyecto piloto de Cementos Apasco

En mayo de 1997, la compañía cementera Apasco instaló un aerogenerador con fines demostrativos en su planta de Ramos Arizpe, Coahuila, la máquina corresponde al modelo Z-40 de la compañía norteamericana Zond Systems, Inc. Tiene una capacidad de 550 kW. Al principio, esta máquina estuvo conectada a una línea eléctrica de 38 kV, propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, para operar en la modalidad de autoabastecimiento. Sin embargo, por razones económicas, la conexión fue conmutada para suplir electricidad a una carga específica que opera en bajo voltaje (440 V) (Borja, 1998).

2.4 Tipos de tecnologías utilizadas en el desarrollo de la energía eólica en México.

La central eoloeléctrica de la Venta, Oax., está integrada por siete aerogeneradores daneses, marca *Vestas*, modelo V-27, que tienen una capacidad nominal de 225 kW a 15 m/s. El diámetro de barrido del rotor es de 27 metros y están colocadas sobre torres tubulares de 30 metros de altura. Los aerogeneradores V-27 son del tipo viento arriba, con orientación activa y con un sistema de regulación de velocidad por el control de paso de las aspas. La configuración de la central es en "línea" con una separación entre máquinas de 60 metros (Ibíd., 1998).

El aerogenerador que se encuentra en Guerrero Negro, Baja California Sur, tiene una capacidad de 0.600 MW, y consta de un solo aerogenerador modelo V-44 de la compañía española Gamesa. La velocidad media anual del sitio, medida por la CFE, fue de 7.7 m/s a cuarenta metros de altura.

Todos los aerogeneradores a los que se ha hecho referencia, tanto en La Venta como en Guerrero Negro son de Tecnología HAWTs, anteriormente mencionada.

Capítulo 3. Desarrollo actual de la energía eólica en el Istmo de Tehuantepec y características de la central eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca.

3.1 Localización y Características geográficas de la zona de estudio.

La Central Eoloeléctrica de La Venta está ubicada en el Istmo de Tehuantepec -que abarca parte del estado de Veracruz al norte y del de Oaxaca al sur, es un estrechamiento que separa las porciones norte y centro de la región del sureste de la República Mexicana (Mapas 1 y 2). La superficie que abarca el Istmo de Tehuantepec es de 27 144.4 Km².

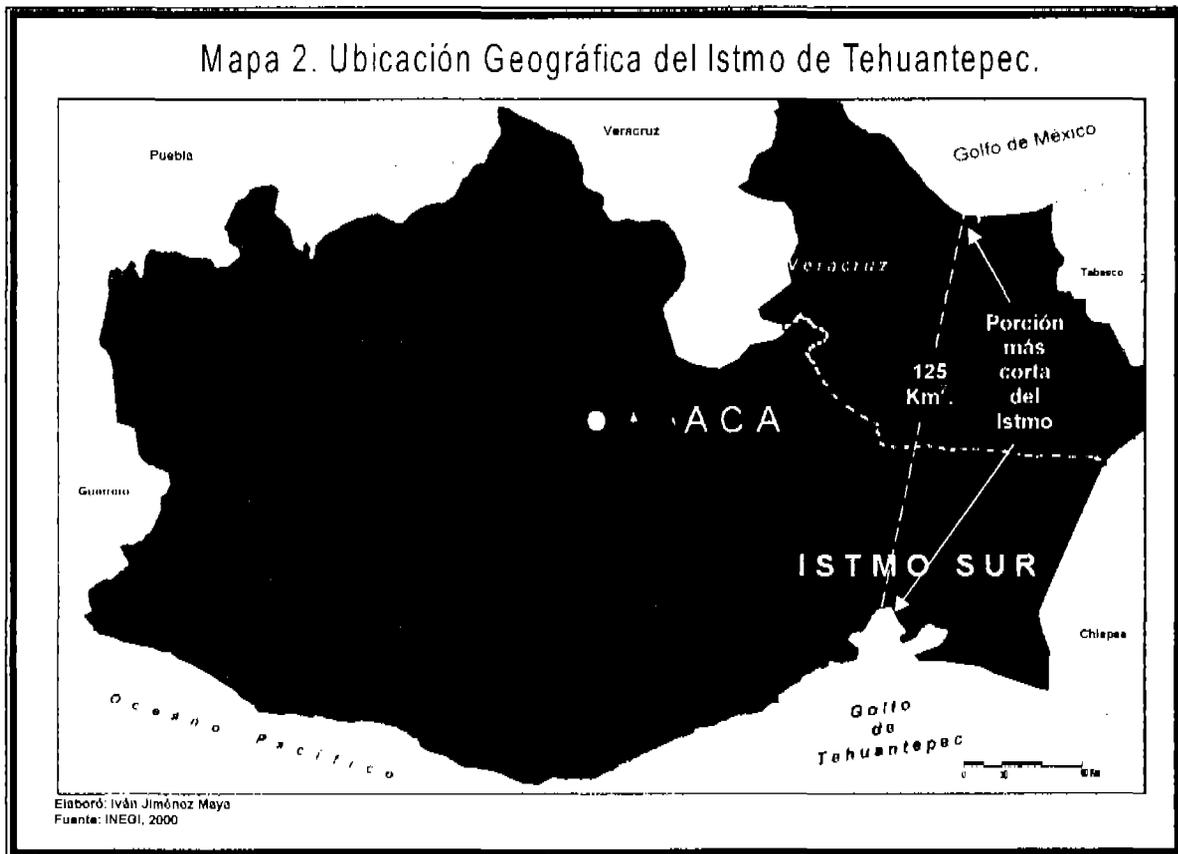
3.1.1 Localización geográfica de la zona de estudio.

Es en la parte más angosta del Istmo de Tehuantepec (con una longitud de 125 Km², Díaz, 2001)- y es en la región sur de este zona, dentro del estado de Oaxaca donde se ubica el ejido de La Venta (perteneciente al municipio de Juchitán de Zaragoza) y la central Eoloeléctrica, que se sitúa al norte de este, encontrándose a una distancia de 30 kilómetros al Noroeste de la ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oax. (Mapa 3).

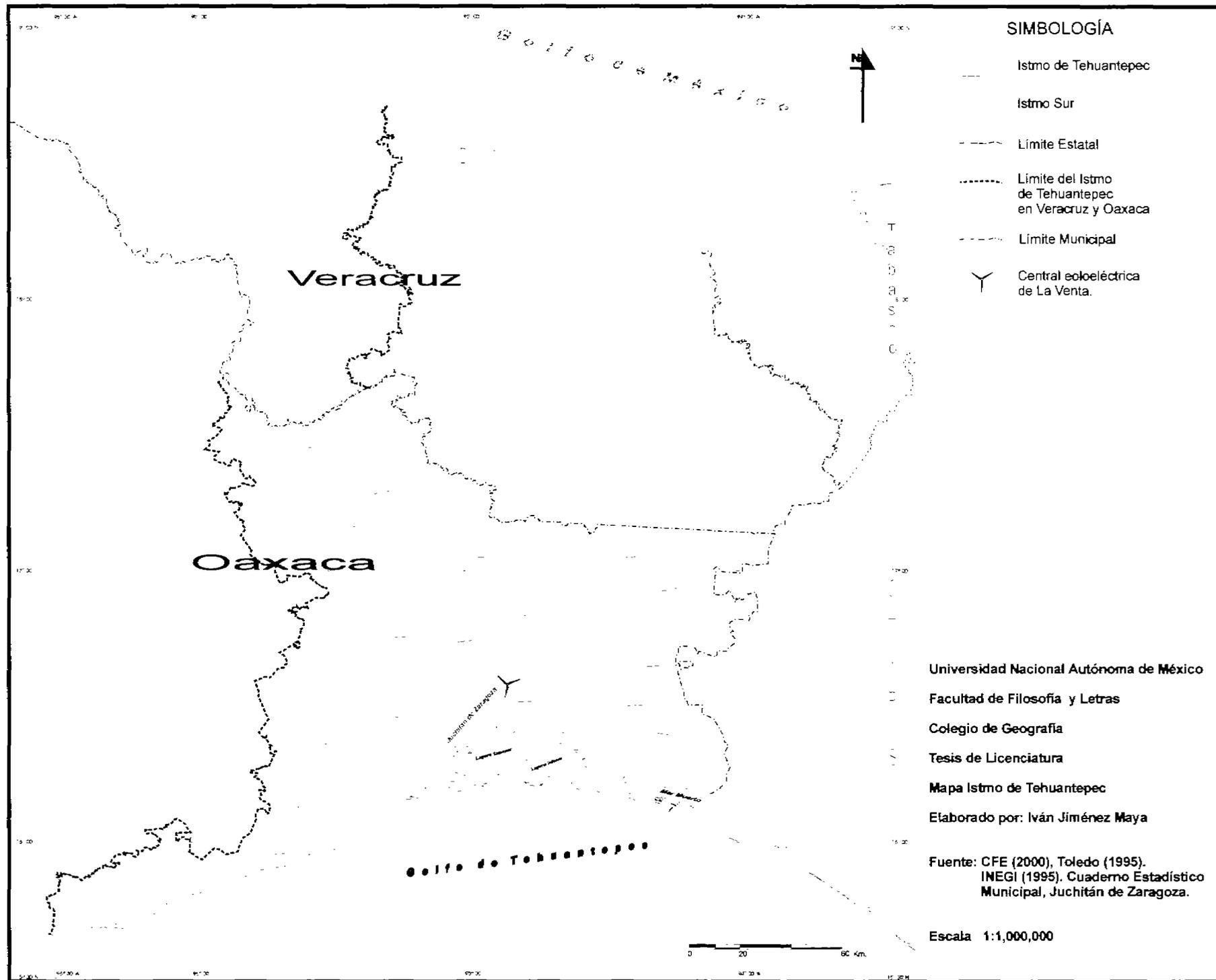
La localización geográfica de La Central Eoloeléctrica de La Venta, es entre los paralelos 16° 34' y 16° 35' de latitud norte y los meridianos de 94° 49' y 94° 51' de longitud Oeste, con una altitud de 30 m SNMM.

Limita al Norte con la Sierra de Tolistoque y al Sur con la Laguna Superior del Mar Muerto, aledaña al Golfo de Tehuantepec; tanto al Este como al Oeste sigue predominando la planicie costera.

El Municipio de Juchitán de Zaragoza representa el 0.43% de la superficie del estado de Oaxaca. El municipio de Juchitán de Zaragoza colinda al norte con el municipio de Asunción Ixtaltepec, San Miguel Chimalapa y Santo Domingo Ingenio; al este con Santo



Mapa 3. Istmo de Tehuantepec



Domingo Ingenio, Unión Hidalgo, San Dionisio del Mar y la Laguna Superior del Mar Muerto; al sur con el municipio de Santa María Xanadi, las Lagunas Superior e Inferior del Mar Muerto, el Golfo de Tehuantepec y los municipios San Mateo del Mar y San Pedro Huilotepec; al oeste con los municipios de San Pedro Huilotepec, San Blas Atempa y El Espinal (INEGI, 1995) (Mapa 4). El municipio de Juchitán de Zaragoza es atravesado en su parte Norte por la carretera Panamericana.

3.1.2 Características geográficas de la zona de estudio.

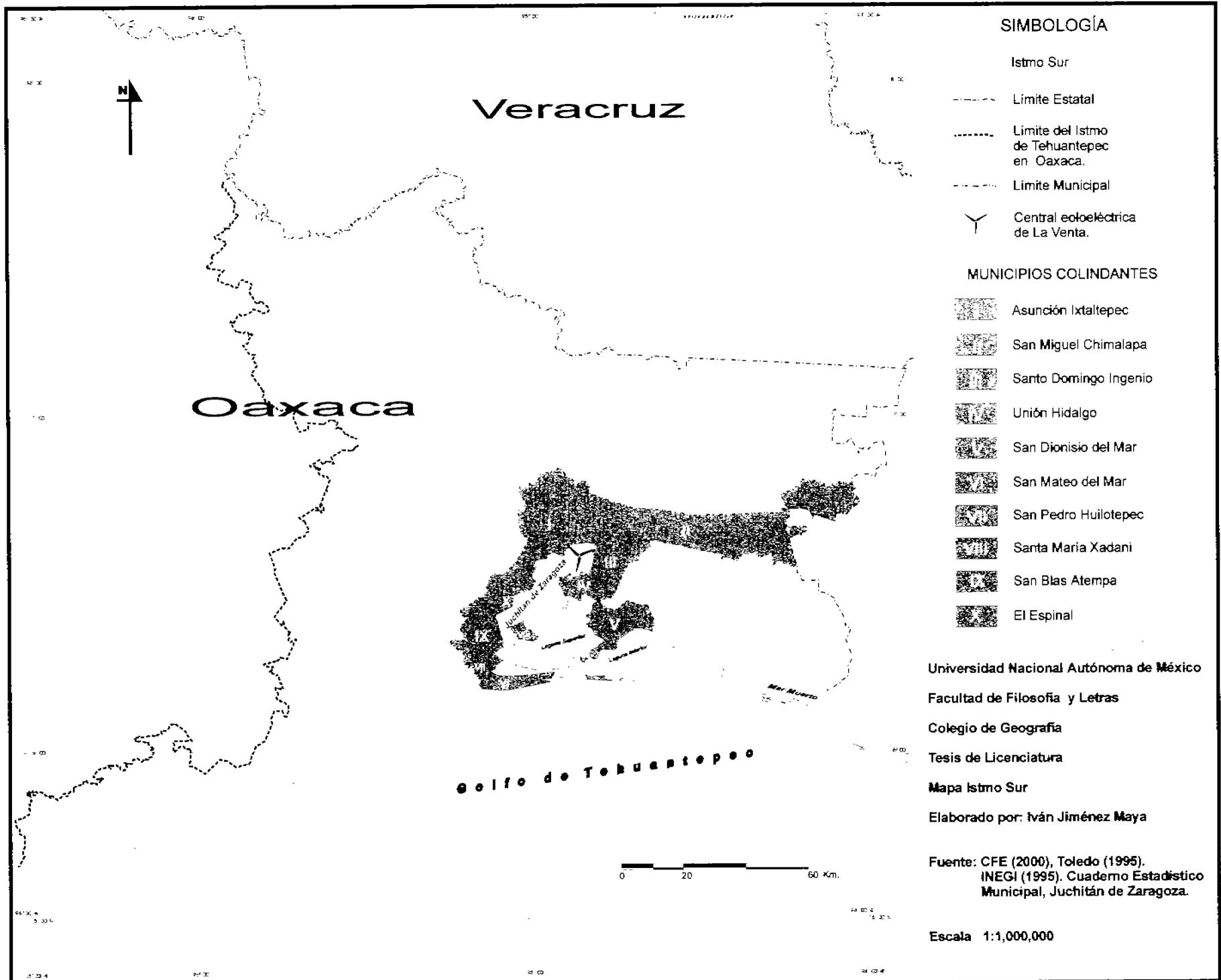
Dentro de las características geográficas que es necesario analizar en esta investigación y además por presentar una importancia para el desarrollo de la misma, son tres: en principio está su relieve, los vientos que circulan en la zona del istmo que son una parte fundamental y el clima, siendo estos componentes esenciales para que se den las condiciones excepcionales, ya que manifiesta las relaciones entre estas características y como influyen para que se presenten condiciones favorables para la generación de energía eléctrica a través del viento, o sea, de la energía eólica en esta zona del país. La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia fisiográfica de la planicie o llanura costera del Pacífico.

3.1.2.1 Relieve

El relieve que predomina en la zona de estudio, sur del Istmo de Tehuantepec, está integrada hacia el sur-sureste, en una amplia llanura costera que está entre los 200 y cero metros sobre el nivel del mar que culmina con el gran complejo lagunar Superior / Inferior. Y ya que esta zona está flanqueada de cadenas montañosas, es estructural y geomorfológicamente, que da una constitución de Sierra / Llanura Costera, perteneciendo a la Llanura Costera del Pacífico, ver figura 11.

Pero a la vez ambos tipos fisiográficos se hallan estrechamente relacionados con los procesos de desplazamiento de los vientos que hay en la región. Es así como el tipo de relieve que predomina en la zona de estudio es un factor determinante para que se produzcan vientos que sobresalen por la velocidad a la que transitan por ahí y en este

Mapa 4. Istmo Sur



SIMBOLOGÍA

Istmo Sur

--- Limite Estatal

--- Limite del Istmo de Tehuantepec en Oaxaca.

--- Limite Municipal

Y Central eoloelectrica de La Venta.

MUNICIPIOS COLINDANTES

Asunción Ixtaltepec

San Miguel Chimalapa

Santo Domingo Ingenio

Unión Hidalgo

San Dionisio del Mar

San Mateo del Mar

San Pedro Huilotepec

Santa María Xadani

San Blas Atempa

El Espinal

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Filosofía y Letras

Colegio de Geografía

Tesis de Licenciatura

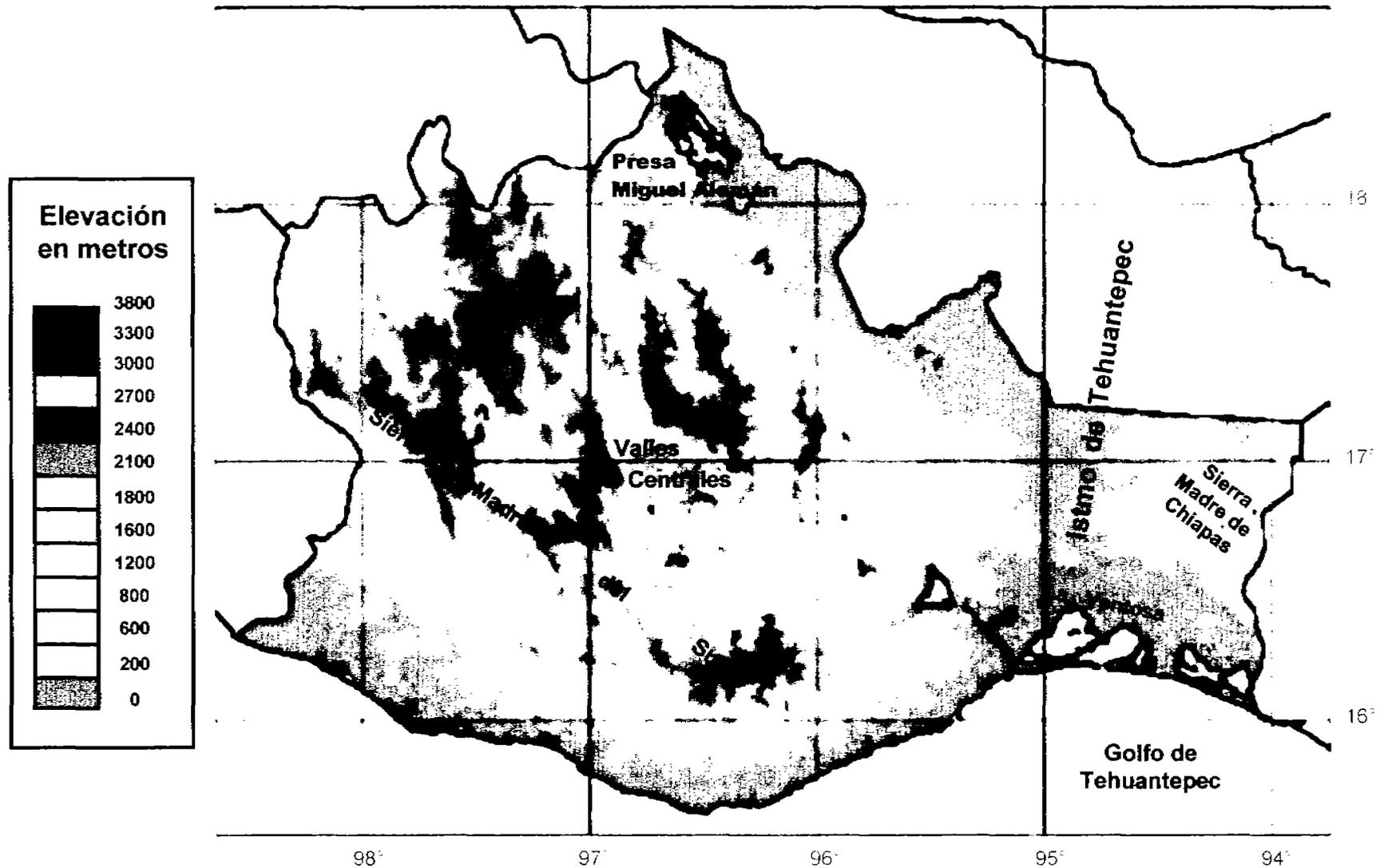
Mapa Istmo Sur

Elaborado por: Iván Jiménez Maya

Fuente: CFE (2000), Toledo (1995), INEGI (1995). Cuaderno Estadístico Municipal, Juchitán de Zaragoza.

Escala 1:1,000,000

Figura 11. Altimetría del Estado de Oaxaca



Fuente: Wind Energy Resource, Atlas of Oaxaca, 2003.

caso sea posible su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica, como se verá más adelante.

3.1.2.2 Los Vientos

Los vientos en la zona del istmo se presentan en el invierno, entre noviembre y febrero, se desarrollan sistemas de alta presión en el sureste del Golfo de México, originados por los vientos fríos y polares procedentes de Canadá y Estados Unidos. Al penetrar al continente, estas masas chocan con las cordilleras montañosas centroamericanas y mexicanas, que tienen altitudes de 3000 a 2000 metros, excepto a la altura del Istmo de Tehuantepec, donde pierden altura, formando bruscamente un estrecho de unos 40 kilómetros de ancho y un máximo de 200 metros de altura, a través de la estrecha cortadura orográfica. Por allí los vientos se encañonan y encuentran un sendero que les permite el paso hacia el Golfo de Tehuantepec, (figura 12), aunque estos fenómenos son comunes en el invierno, en realidad puede presentarse en cualquier época del año, siendo llamados estos vientos "Tehuantepecanos" (Toledo, 1995).

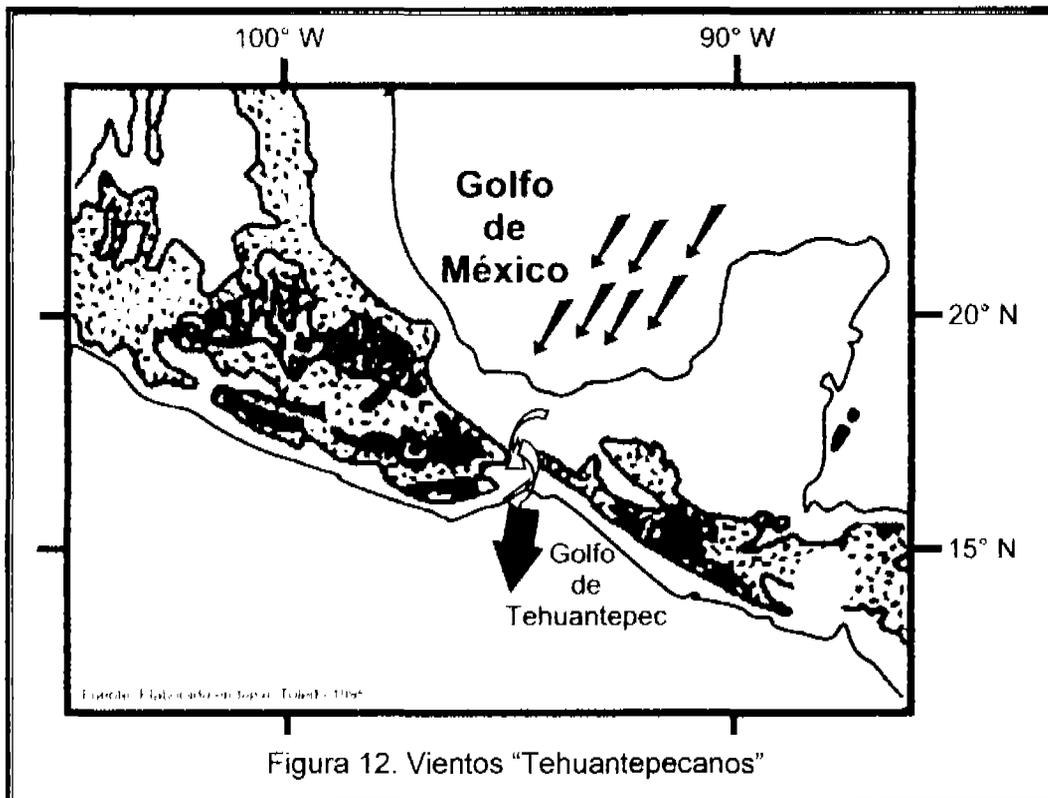


Figura 12. Vientos "Tehuantepecanos"

Y se tiene una caracterización eólica del Sur del Istmo de Tehuantepec que tiene como principales elementos:

- *Sistema de vientos denominado "Tehuantepecanos"*
- *Generalmente viento del Norte.*
- *Efecto monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec.*
- *Intensos viento de invierno muy bajos entre Mayo y Junio (CFE, 2000).*

3.1.2.3 El Clima

El estado de Oaxaca presenta gran variedad climática, así, en su territorio hay climas *cálidos, semicálidos, templados, semifríos, semisecos y secos*, (INEGI, 2003).

El clima que predomina en la zona de estudio pertenece al grupo de climas cálidos con el símbolo A de acuerdo con la clasificación de Köppen, los climas cálidos en conjunto abarcan poco más de 50% de la superficie total de la entidad, se producen en las zonas de menor altitud (del nivel del mar a 1,000 m), se caracterizan por sus temperaturas medias anuales que varían de 22° a 28° C y su temperatura media del mes más frío es de 18° C o más.

En la zona de estudio y en general en todo el municipio de Juchitán de Zaragoza, predomina el **cálido subhúmedo con lluvias en verano** A(w₀), de acuerdo con el Atlas Nacional de México (Mapa 5), este viene a ser el más seco de los climas cálidos subhúmedos, con lluvias en verano, significando entonces que la mayoría del año, se carece de precipitación, favoreciendo con esto el desempeño que tenga la central eolieléctrica de La Venta, Oax.

Este clima comprende toda la zona costera, desde el límite con el estado de Guerrero hasta el límite con Chiapas a la que se le denomina costa chica, además de otras áreas de menor extensión localizadas de manera discontinua en el norte; en dichos terrenos se reportan las temperaturas medias anuales más altas (entre 26° y 28° C) y la precipitación total anual varía de 800 a 2,000 mm, es común en esta parte de la zona costera oaxaqueña, y donde se halla el ejido de la Venta en el que se encuentra la Central eoloeléctrica del mismo nombre.

3.2 Desarrollo de la energía eólica en la Región de La Ventosa.

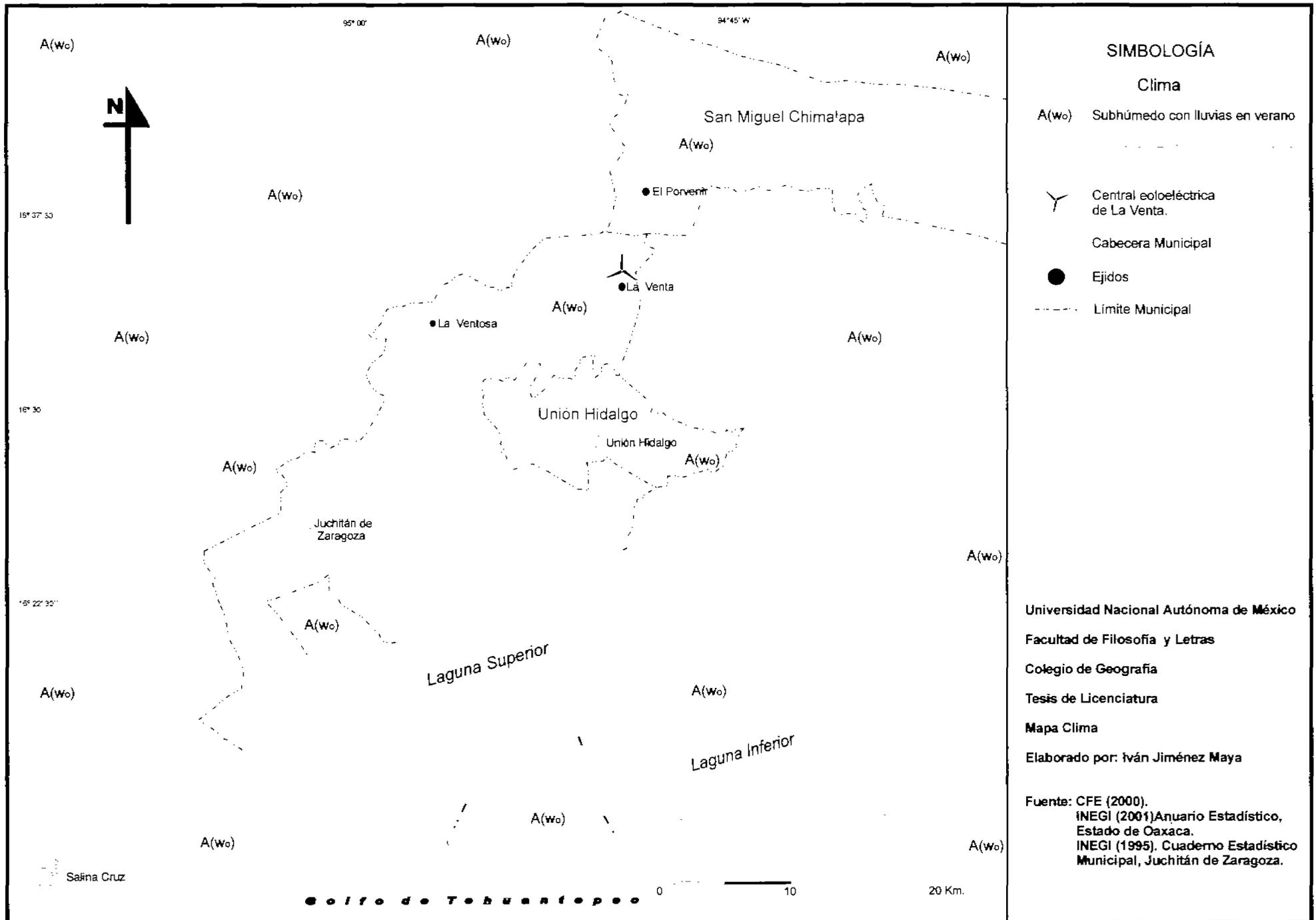
3.2.1. Evaluación del recurso eólico.

En la selección de los mejores lugares para la instalación de centrales eólicas se practican evaluaciones para medir las características del viento: Velocidad, dirección, temperatura del aire, turbulencia, variación con la altura, presión barométrica, pero también se evalúa la constancia del mismo; esto se realiza con el emplazamiento de estaciones para medir las características del viento o si es el caso se obtienen datos de estaciones que se tenían previamente instaladas en lugares que se cree tienen las características adecuadas para la generación de electricidad por medio del viento en el territorio y con esto ver la factibilidad en la instalación de una Central Eoloeléctrica en un futuro. Esta labor es llevada a cabo por lo general por parte de instituciones públicas relacionadas con la generación de energía eléctrica aprovechando el recurso eólico o cualquier consorcio privado que este interesado en la explotación de la energía eólica.

Las mediciones estadísticas para instalar una central Eoloeléctrica, deben realizarse durante un periodo mínimo de tres años para poder obtener valores fiables, que una vez procesados permitan elaborar:

- Mapas eólicos
- Distribución de velocidad del viento
- Perfil de velocidades

Mapa 5. Clima



SIMBOLOGÍA

Clima

A(wo) Subhúmedo con lluvias en verano

Central eololéctrica de La Venta.

Cabecera Municipal

Ejidos

Límite Municipal

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Filosofía y Letras

Colegio de Geografía

Tesis de Licenciatura

Mapa Clima

Elaborado por: Iván Jiménez Maya

Fuente: CFE (2000).

INEGI (2001) Anuario Estadístico, Estado de Oaxaca.

INEGI (1995). Cuaderno Estadístico Municipal, Juchitán de Zaragoza.

Los mapas eólicos nos proporcionan una información global sobre el nivel medio de los vientos en una determinada área geográfica, situando las zonas más idóneas desde el punto de vista energético.

En el caso de México la realización de estos mapas eólicos han estado a cargo de la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de las zonas del país que son susceptibles de aprovechar los recursos eólicos, identificándose varias zonas de posible explotación de este recurso, siendo las más y de mejor capacidad potencial de generación de electricidad en las zonas costeras del país, en donde resalta la zona de la Ventosa, Oaxaca, con los vientos más fuertes y la mejor capacidad potencial.

3.2.2. Desarrollo de la energía eólica en la Región de La Ventosa.

Los estudios sobre el potencial eólico en la República Mexicana que se realizaron en las últimas dos décadas del siglo XXI, dieron como resultado que la denominada zona de la Ventosa (Mapa 6), -para fines de evaluación del recurso eólico esta zona se delimitó por la primera curva de nivel a 100 metros sobre el nivel del mar, que parte del puerto de Salina Cruz hasta el límite entre los estados de Oaxaca y Chiapas (Borja, 1998)- sobresale como uno de las regiones del país con los vientos más fuertes y constantes, tanto por su ubicación como por las condiciones geográficas que predominan ahí, como se expuso anteriormente, y que más adelante se complementará con datos de velocidades, producción de energía eléctrica y rendimiento de la central de eoloeléctrica de La Venta.

Las primeras evaluaciones eólicas en el Sur del Istmo de Tehuantepec, se realizaron de manera conjunta entre el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y el Tecnológico de Juchitán, iniciando sus observaciones desde 1981 (Mapa 7), en:

➔ •Juchitán (Torre de 30 m)

Y desde 1984 en:

- ☞ •Salina Cruz
- ☞ •Tehuantepec
- ☞ •La Ventosa
- ☞ •La Venta (CFE, 2000)

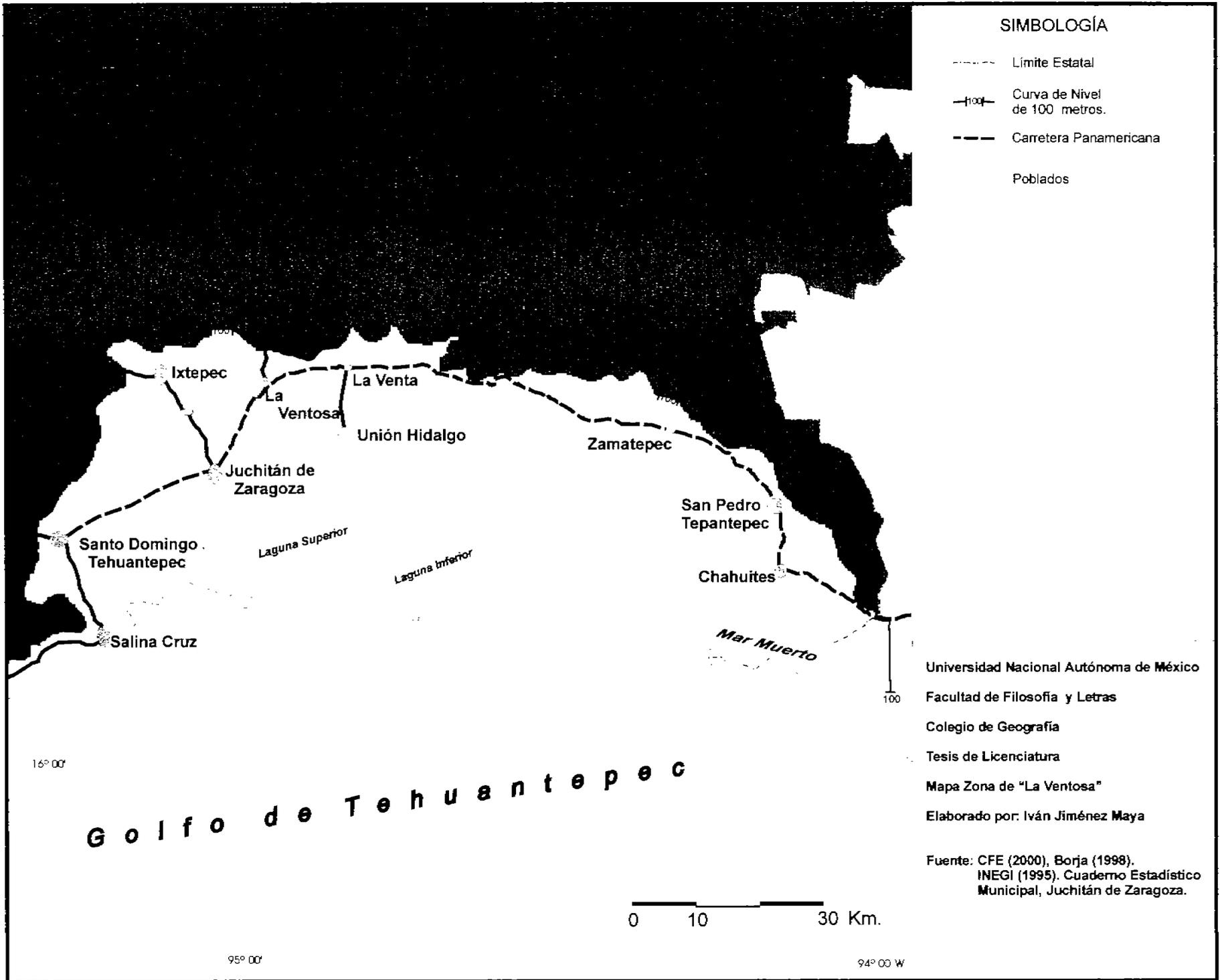
Después de tres años, en 1984, de mediciones anemométricas, resultó que la zona de La Ventosa, Oaxaca, fue señalada por parte del IIE, como la de mayor recurso eólico en México, y de esta información se desprendió que en esta zona se presentan velocidades medias anuales que van desde 7 a 10.5 m/s a 40 metros de altura sobre el nivel del mar, caracterizando a esta zona como un buen lugar para la explotación del recurso eólico. De acuerdo con datos de la Comisión Federal de Electricidad la región de La Ventosa, Oaxaca, cuenta con un recurso eólico de bueno a excelente.

Su característica de planicie costera la hace muy adecuada para la central de centrales eoloeléctricas, en virtud de que por ello posee una alta densidad del aire una topografía prácticamente plana que favorece los costos de producción (Borja, 1998).

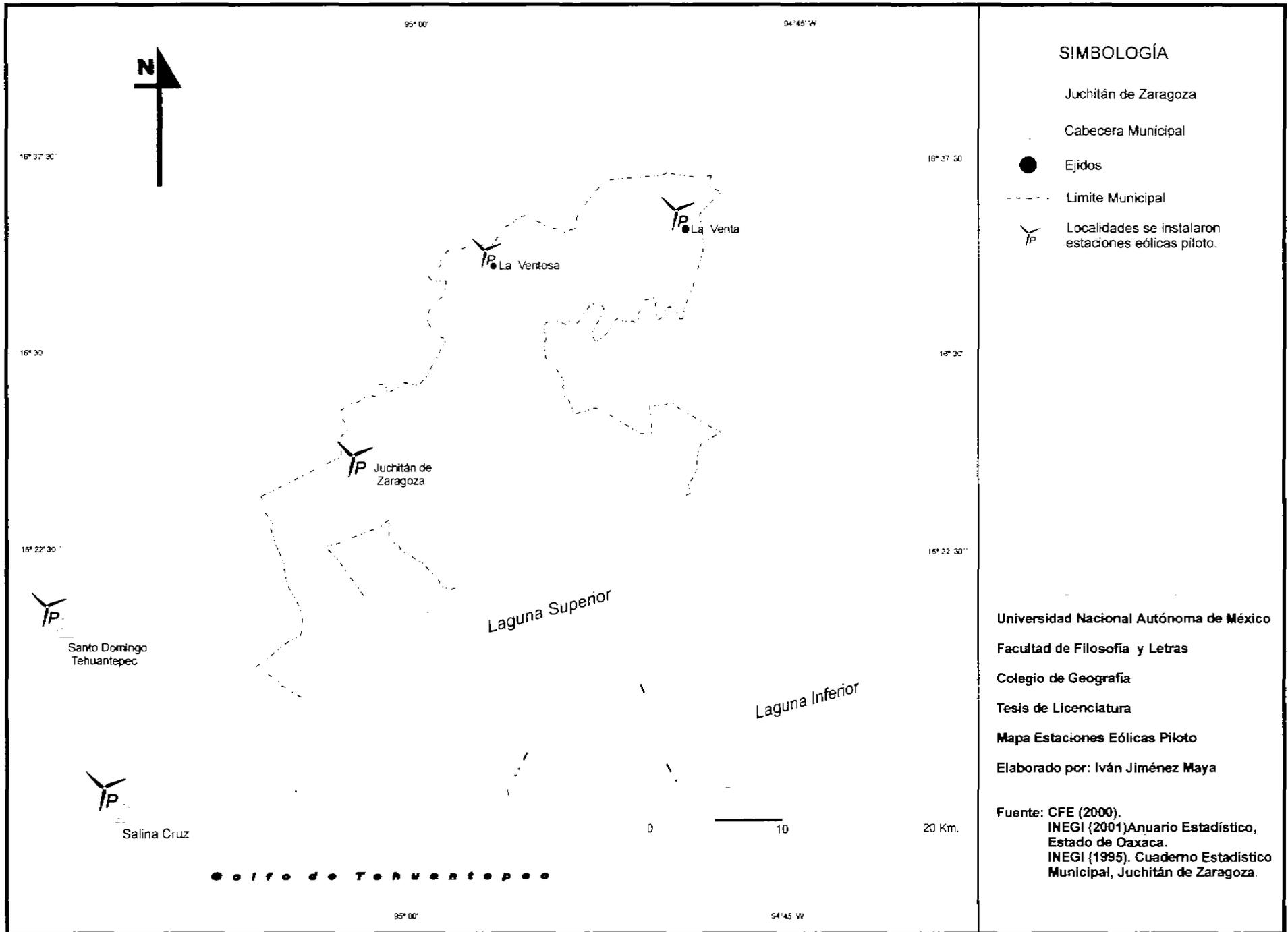
Es dentro de la región de La Ventosa que se ubica la central eoloeléctrica de La Venta, Oax., que cuenta con un recurso eólico que se sitúa entre los mejores en el mundo, dándose velocidades medias anuales del viento de 10.5 m/s.

Borja (1998) realizó un amplio estudio sobre la factibilidad de desarrollar a gran escala de este tipo de energía en el istmo de Tehuantepec y da como resultado que la zona muestra un gran potencial para la expansión de centrales eoloeléctricas generadoras de electricidad, con un efecto negativo nulo, pero un gran beneficio a los habitantes de esta región.

Mapa 6. Zona de "La Ventosa"



Mapa 7. Estaciones Eólicas Piloto



Así, con las velocidades de viento medias anuales que se han medido hasta ahora, en La Venta, Oax., sólo se pueden comparar con las registradas en algunos sitios de Nueva Zelanda, en el Reino Unido en algunas costas de Escocia, en las regiones más ventosas de Egipto y en algunas islas de Grecia como se muestra en la Tabla 3, según los datos que se observan, la zona de estudio cuenta con condiciones favorables para el aprovechamiento del recurso eólico como ya se hace en los países antes mencionados, y a gran escala como es el caso de el Reino Unido, anteriormente mencionado.

Tabla 3
Comparación de la velocidad del viento media anual
(Vv anual) en algunos lugares del mundo.

<i>Lugar</i>	<i>Vv anual</i> (m/s)	<i>Altura</i>
Alemania	5 - 7	⁽¹⁾
Los Países Bajos	6.9 - 7.2	45 m ⁽²⁾
India	7 - 8	
La Virgen, Zac. Méx.	7 - 8	45 m ⁽³⁾
Brownfield, Tx., E.U.	7.4	55 m ⁽¹⁾
Dinamarca	7 - 8	
La Laguna, BCS., Méx.	7.5	40 m ⁽¹⁾
Gro. Negro, BCS., Méx.	7.8	45 m ⁽¹⁾
Lag. Verde, Ver., Méx.	7 - 8	60 m ⁽¹⁾
Altamont, Pass., Cal., E.U.	7 - 8	
Reino Unido	7 - 8.5	50 m ⁽¹⁾
Los Países Bajos	8.2 - 8.8	45 m ⁽¹⁾
Tehachapi, Cal., E.U.	8 - 8.5	
Tarifa, España	8.5	30 m ⁽⁴⁾
Dinamarca	>9	Mar Abierto
Escocia	8 - 10	
Gran Canaria, España	9.5	24 m ⁽¹⁾
Nueva Zelanda	7 - 10	
La Ventosa, Oax., Méx.	7 - 10.5	40 m ⁽¹⁾
La Venta, Oax., Méx.	10.5	40 m ⁽¹⁾
Egipto	7.6 - 11	
Grecia	8.1 - 10.8	

¹⁾ En las costas o a menos de 100 m SNMM

²⁾ Tierra adentro

³⁾ 2,750 m SNMM

⁴⁾ 470 m SNMM

Fuente: Borja 1998

3.3 Características de la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oaxaca.

La Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax., se encuentra ubicada a treinta kilómetros al noroeste de Juchitán, sobre la carretera panamericana.

Después de haber realizado las evaluaciones del recurso eólico del lugar como anteriormente se mencionó, es a finales de 1993 cuando la Comisión Federal de Electricidad (CFE) llevó a cabo una licitación, en la modalidad de llave en mano, para la construcción de dicha central. La edificación de la central eoloeléctrica de La Venta comenzó en enero de 1994, fué puesta en marcha en agosto de ese mismo año y entró en operación comercial el 10 de noviembre de 1994 (figura 13 y 14). Fue la primera Central eólica integrada a la red eléctrica en México y también fue la primera en su tipo en América Latina.

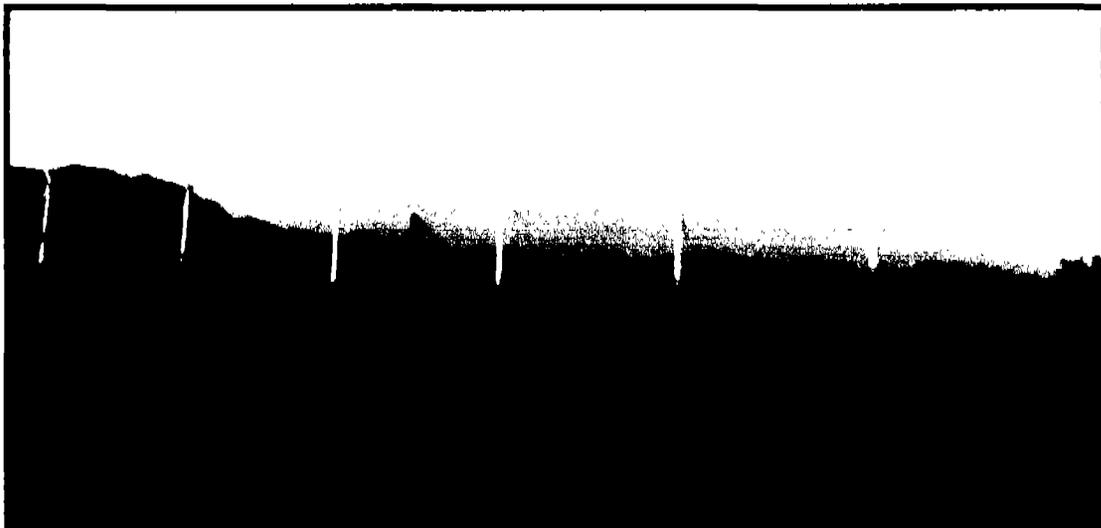


Figura 13. Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.

En las instalaciones de esta Central se cuenta con una capacidad de producción total de 1,575 MW¹, y suministra energía eléctrica a las poblaciones oaxaqueñas de El Porvenir

¹ MW =Megavatio

municipio de San Miguel Chimalapa, Unión Hidalgo municipio de Unión Hidalgo y La Venta municipio de Juchitán de Zaragoza, poblaciones que en conjunto abarcan 2,100 viviendas (Mapa 8), en la Tabla 4, se muestran los datos técnicos completos de la central eoloeléctrica de La Venta.



Figura 14. Vista de los aerogeneradores en la Central Eoloeléctrica de La Venta, Oax.

Mapa 8. Central Eoloeléctrica de La Venta

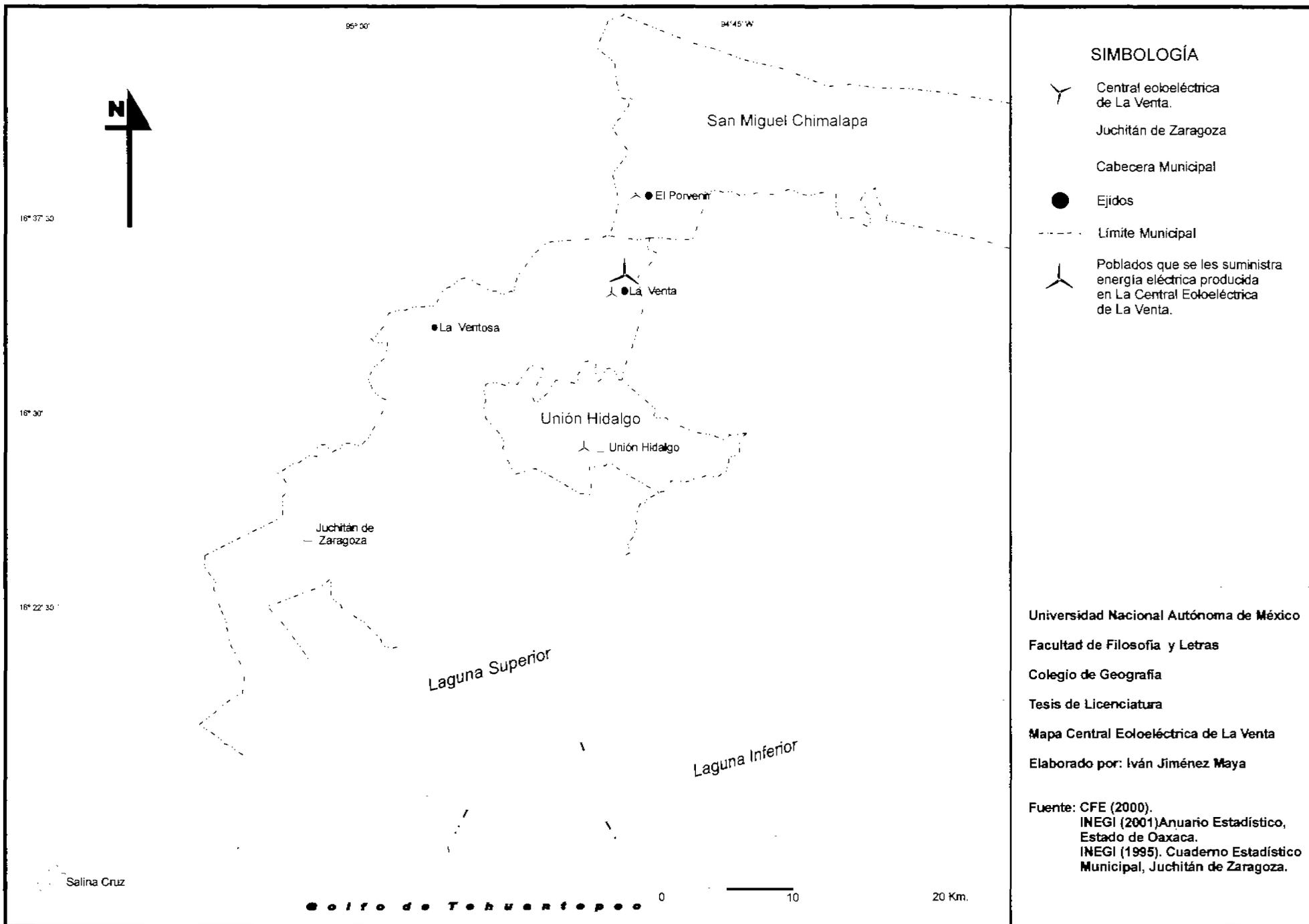


Tabla 4. Ficha técnica de la Central Eoloeléctrica de La Venta.

Autogeneradores	Unidades 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7
Marca	Vestas (empresa de Dinamarca)
Capacidad de cada unidad	225 KW.
Capacidad instalada	1,575 KW.
Altura de las torres	31.5 mts.
Orientación de las torres	Este-oeste en línea recta
Dirección de los vientos predominantes	Norte-sur
Rango de aprovechamiento del viento	5 a 25 metros por segundo
No. de aspas (álabes)	3
Diámetro de giro de las aspas (álabes)	27 metros

Fuente: CFE

Con velocidades de viento inferiores a 5 metros por segundo el aerogenerador no genera energía eléctrica, por encima de 25 metros por segundo las aspas del rotor se alinean (girando sobre su eje) con el viento automáticamente, deteniendo de esta manera su giro para evitar daños a los equipos, además los aerogeneradores cuentan con un sistema de control automático que permite variar la orientación del aerogenerador, con la finalidad de aprovechar en forma óptima los vientos en la velocidad y dirección en que se presenten (Ibíd., 2000).

Del cuadro anterior podemos decir que para la generación de energía eléctrica en la Central eoloeléctrica de La Venta, se usan 7 aerogeneradores que consisten en una torre tubular cónica de 31.5 m. de altura, sobre la cual están montadas en su extremo superior tres aspas o álabes con un diámetro de giro de 27 m y cuyo diseño permite aprovechar la energía del viento, en los rangos de 5 a 25 metros por segundo. Estas aspas o álabes, están conectadas a un rotor que lleva acoplado el generador eléctrico, obteniéndose así la transformación a energía eléctrica

De acuerdo con lo publicado por CFE con respecto a la central eoloeléctrica de La Venta:

"En los dos primeros años de operación, la generación de la central fue de 12.4 GW, con un factor de planta global de 48.1 %. Durante el primer año, el factor de planta fue de 51.7 %. En el mundo operan unas 1,600 máquinas del mismo fabricante y de capacidad similar a las de La Venta, pero sólo la instalada en Nueva Zelanda se acerca a los valores de generación registrados en México, que han impuesto récord con más de un millón de kWh al año. Los costos de generación en La Venta son 4.3 centavos de dólar por kWh, similares a los de las grandes centrales térmicas y este costo es el resultado del alto factor de planta alcanzado y el relativo bajo costo de instalación" (Le Bert, 1996).

En el caso de problemas graves o relevantes como fracturas de aspas o fallas estructurales (no se han reportado), pero Borja (1998) nos menciona que "los problemas operativos que se han presentado son:

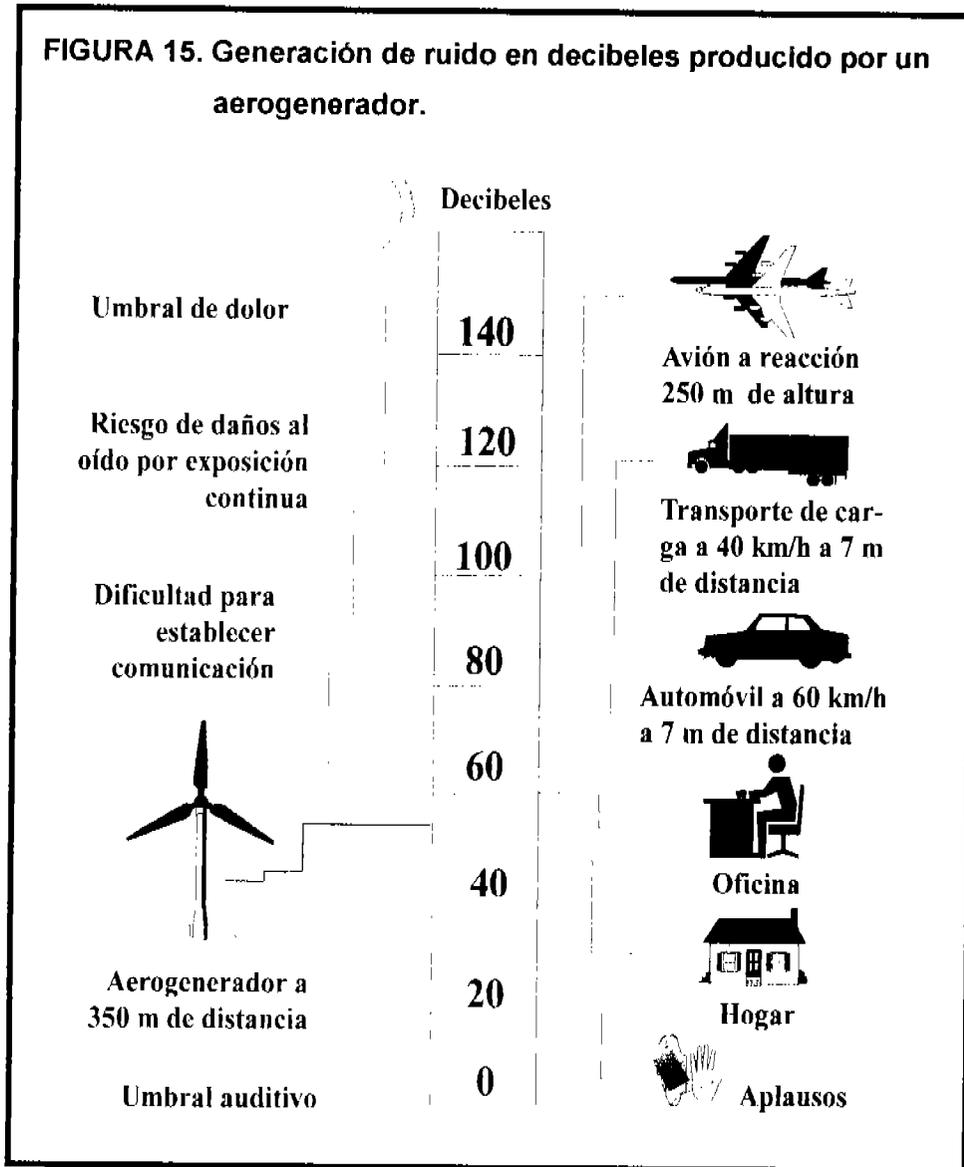
- a) fallas por efecto de descargas eléctricas atmosféricas que ocasionaron daño a las protecciones electrónicas,
- b) paros forzados por sobretensión en el interior de la carcasa y
- c) desgaste prematuro en los rodamientos en los generadores eléctricos.

Algunos de estos problemas ya han sido corregidos, mientras que en otros se trabaja para encontrar una solución definitiva..."

Los niveles de ruido están dentro de las normas mundiales de este rubro, ya que el ruido que produce la Central se encuentra en los 55dB (decibeles), similar al ruido generado en una conversación (Ibid, 2000). (ver figura 15)

Los impactos ambientales provenientes del aprovechamiento de la energía del viento son en general, de pequeña magnitud y se les clasifica en contaminación visual, por ruido (audible e infrasónico) puede causar disturbios en la vida natural del lugar e interferir en las

actividades, interferencia a las señales de televisión y comunicación, y pueden ocurrir colisiones de aves en la torre o en la aeroturbina. (Alonso, 1985 y Campos, 1997).



Fuente: Borja, 1998 y Boyle, 1996.

Capítulo 4. Dinámica social antes y después de la instalación de la Central Eoloeléctrica de La Venta., en la zona de estudio.

4.1 Características sociodemográficas y socioeconómicas de la población en la zona de estudio.

La zona de estudio guarda características muy particulares dentro del estado de Oaxaca.

4.1.1 Características sociodemográficas.

En lo que respecta a los datos demográficos de la zona de estudio, de acuerdo con los datos del censo del 2000, del Estado de Oaxaca (INEGI, 2003), el municipio de Juchitán de Zaragoza, cuenta con una población de 78,512 habitantes, donde se encuentra ubicado el ejido La Venta (figura 16), que cuenta con un total de 1,963 habitantes y 444 viviendas habitadas (INEGI, 1991), una de las tres poblaciones beneficiadas con la energía que se produce en la central Eoloeléctrica de La Venta, así como la población de Unión Hidalgo en el municipio del mismo nombre, este cuenta con una población de 12,140 habitantes (INEGI, 2003), no se encontraron datos respecto a la población que vive en el ejido de Unión Hidalgo y por último el municipio de San Miguel Chimalapa con una población de 5,947 habitantes de los cuales, en el ejido el Porvenir viven 809 habitantes y 165 viviendas (INEGI, 1991).

Tomando en cuenta que con la central Eoloeléctrica de La Venta se proporciona fluido eléctrico a 2,100 hogares (CFE) en las tres poblaciones antes mencionadas, y si se toma en cuenta que cada hogar se compone en promedio de 4 integrantes, el beneficio directo es a 8,400 personas que habitan en los tres poblados antes mencionados, representando un porcentaje del 8.6 %, de los habitantes del total que reside en los tres municipios.



Figura 16. Poblado de La Venta

Significando esto, que en estas tres poblaciones, las viviendas que cuentan con suministro de energía eléctrica lo están recibiendo en un 100 %. Es de resaltar que en las cifras el poblado más beneficiado sería el de Unión Hidalgo, en este caso en cabecera municipal, con más de la mitad de viviendas y población beneficiada con el fluido eléctrico producido en la Central Eoloeléctrica de La Venta, aunque el poblado que se ve directamente influido por la central, es el ejido y población de la Venta (figura 17), aunque es de menor población, es el que se encuentra a unos cientos de metros de la central y es susceptible tanto en su población y el entorno en lo que significa la actual Central Eoloeléctrica como de cualquier desarrollo de granjas eólicas que se llegue a poner en marcha en las inmediaciones de este poblado.



Figura 17. Vista de la Central Eoloeléctrica, desde el poblado de La Venta.

4.1.2 Características socioeconómicas

Principales actividades agropecuarias que se realizan en el Istmo de acuerdo con el INEGI (2003), por ciclos agrícolas, se presenta de la siguiente manera, el 82.05% de la superficie sembrada se dedica al Maíz Grano y el 6.7% al frijol y el restante 11.25% se dedica a melón, sorgo, sandía, ajonjolí, jitomate, tomate entre otros cultivos.

En el ciclo primavera verano, el 81.8% de la superficie sembrada se dedica al Maíz Grano, le sigue el sorgo grano con 11.05% de la superficie sembrada, (figura 18), y el 7.14% restante se dedica a la siembra de frijol, melón, sorgo forrajero, ajonjolí, jitomate, entre otros cultivos.

En lo que respecta a la ganadería, el tipo de ganado que representa la mayor población en este caso es la de ganado Bovino con el 60.6% de población ganadera, el porcino representa el 22.50% de la población ganadera, el caprino representa el 10.42%, y el 6.48% lo representa el ganado ovino y equino. Resulta entonces que se tiene una

ganadería de extensión ya que el ganado Bovino por sus propias características y la de la región, que presenta una abundancia de pastos, por sus mismas características fisiográficas de llanura costera, siendo que en la zona se presenta una abundancia de zonas de pastoreo donde crecen pastos en abundancia donde el ganado puede alimentarse sin ningún tipo de problema, ya que las condiciones climáticas de la misma zona lo permiten.

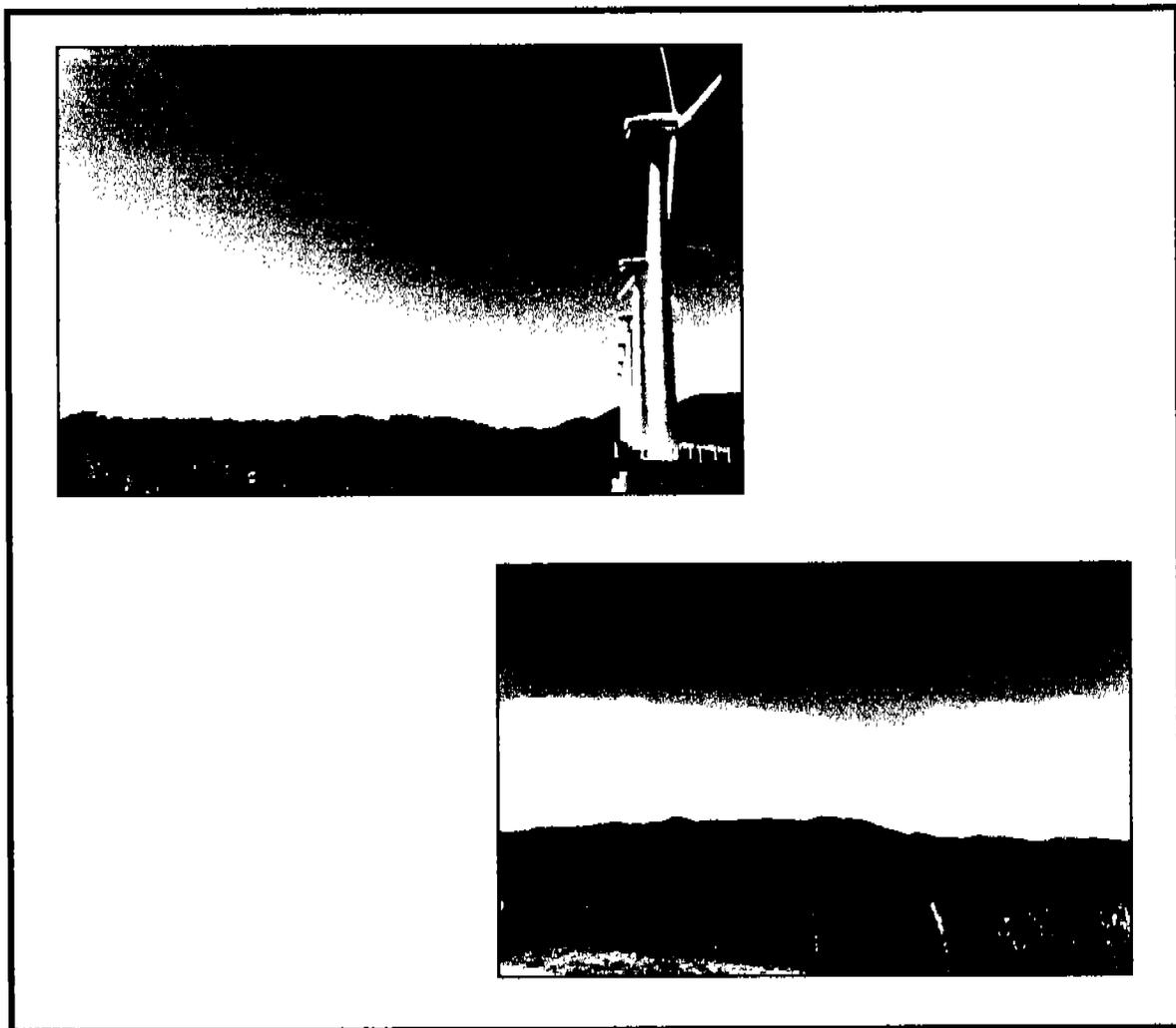


Figura 18. Cultivos de Sorgo en el ejido de La Venta

4.2 Posición y percepción sobre la instalación de la central Eoloeléctrica de La Venta, por parte de los actores involucrados.

Para obtener una mejor visión que guardan tanto los habitantes, autoridades y empresa en este caso la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por la instalación, uso y aprovechamiento de la Central Eoloeléctrica, se llevó a cabo una visita a campo para conocer la percepción y posición de los distintos actores involucrados, para realizar este trabajo de exploración se realizaron cuestionarios como una forma cualitativa de recolección de datos, que se les aplicaron a los actores antes mencionados, así como una visita a la central de la Venta para conocer su infraestructura y funcionamiento, obteniendo con esto confiabilidad y validez sobre las variables que se querían analizar con esta investigación (figura 19).



Figura 19. Entrada a la Central Eoloeléctrica de La Venta

4.2.1 Metodología

En este caso se seleccionó como instrumento de recolección de datos, el cuestionario de preguntas abiertas, ver anexo, ya que al consistir en una serie de preguntas del tipo abiertas, estas permitirían no delimitar de antemano las respuesta ofrecidas por las

personas que respondieron a este, ya que profundiza la opinión con el fin de obtener una visión más clara respecto a la percepción y vivencia que guardan los actores involucrados en lo referente a la Central eoloeléctrica de la Venta.

El análisis de los datos se llevó a cabo con la medición de las respuestas con mayor frecuencia y el procedimiento consistió en encontrar y darles nombre a los patrones generales de respuesta (respuestas similares). Y partiendo de estos datos se pudieron obtener las características más relevantes de cada mensaje expresado por los entrevistados durante el trabajo de campo y así obtener una visión general a partir de las particularidades expresadas por cada uno de los actores que están involucrados en este trabajo de investigación.

Para aplicar estos cuestionarios se procedió de la siguiente manera, en primera instancia se realizó un encuentro con personal de CFE encargado de la Central Eoloeléctrica de La Venta, en este caso únicamente se le aplicó el cuestionario al Superintendente de la Central, otro tanto de cuestionarios se aplicaron a las autoridades del comisariado ejidal, que en este caso fueron dos, y por último se aplicaron cuestionarios a una muestra significativa de 16 personas todas ellas habitantes del ejido La Venta, para tener una visión desde cada una de las partes involucradas. En el caso de los cuestionarios aplicados a la población la proporción entre mujeres y hombres fue de 50%-50%, comprendiendo desde personas de la tercera edad hasta adolescentes para tener un amplio panorama de cómo percibían la instalación de la Central de la Venta, en general la población tuvo disposición a responder las preguntas que les realice, contestando de manera satisfactoria.

A continuación se hace una síntesis a quien se le realizaron los cuestionarios y así como las respuestas obtenidas a partir de la aplicación de estos a cada uno de los actores involucrados.

Llevé a cabo una reunión con el superintendente de la Central Eoloeléctrica para realizarle una serie de preguntas con el fin de saber cuáles fueron los pasos que se siguieron para desde que era un plan la instalación de dicha central hasta que se consolidó el proyecto con la puesta en marcha, también se le preguntó sobre datos técnicos de esta, para saber cómo funciona y qué tipo de tecnología se utiliza en la planta, realizando también una visita al lugar donde se encuentran las instalaciones de la Central (figura 20).

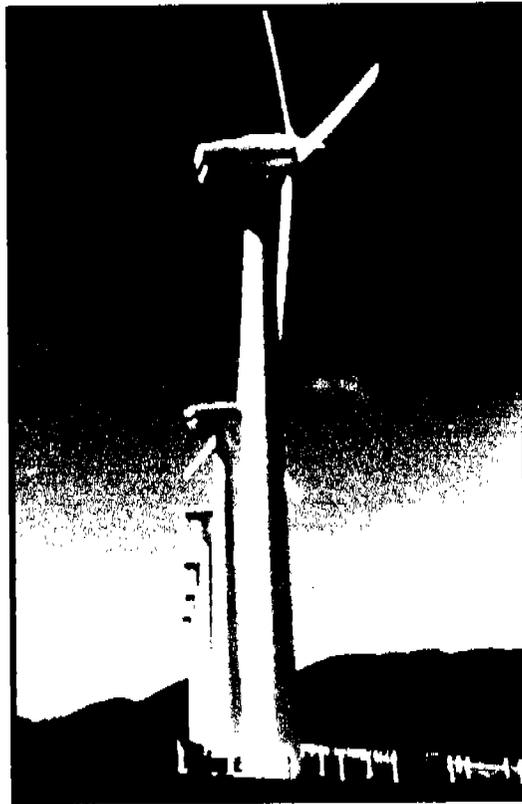


Figura 20. Central Eoloeléctrica de La Venta

También se realizaron una serie de entrevistas a los habitantes que se encuentran en el radio de influencia de la planta Eólica, en este caso se realizaron en el ejido de la Venta, ya que este es el poblado más cercano (400 metros de distancia aproximadamente), de los tres poblados que se benefician con el fluido eléctrico producido por esta central, y a mi consideración se podía valorar mejor el impacto que genera la central de la Venta por su cercanía y conocer qué tipo de percepción guardan al respecto de ésta a diez años de su instalación, pero también saber qué tantos beneficios o problemas les ha acarreado, por último llevé a cabo algunos cuestionarios con las autoridades ejidales ya que las autoridades municipales no proporcionaron ningún tipo de información con el fin de saber cómo es que ellos habían trabajado en el otorgamiento de permisos, negociaciones entre empresa y habitantes para el uso de las tierras de estos últimos para su aprovechamiento, en este caso con la edificación de los aerogeneradores, para la puesta en marcha de la central de La Venta.

4.2.2 La Empresa, (CFE).

Para conocer la percepción que tiene la empresa (CFE), encargada de desarrollar este proyecto, se realizó una entrevista así como un cuestionario con preguntas abiertas, para con esto lograr obtener una información más amplia sobre la manera en que trabaja esta planta y la relación que se mantiene con la población y el entorno físico, logrando con esto cuantificar de una manera más puntual, los beneficios y las afectaciones que pueden recibir la población que se encuentra en la cercanía de la central de La Venta, después de la instalación de ésta.

Los resultados encontrados después de aplicar el cuestionario antes mencionado al personal de CFE, son los siguientes, cabe mencionar que únicamente se realizó el encuentro con el encargado de esta central, el Ing. Carlos García Aguilar, Superintendente de la Central Eoloeléctrica de la Venta, Oax., generando la información que a continuación se presenta:

Como antecedentes históricos para la instalación de la Central Eoloeléctrica de La Venta, el Ing. García, comentó que a principios de los años setenta se comienzan una serie de mediciones a lo largo de la república mexicana, principalmente en zonas costeras, incluida la zona de la Ventosa y en lugares al interior del país que se distinguían por la fuerza de sus vientos, pero toda serie de mediciones se realizaron de manera sencilla, por algunas personas que mostraban cierto interés por conocer el potencial que se tenía en dichos lugares, pero con el paso de los años estas prácticas se volvieron más formales ya que se empezaron a realizar de manera conjunta entre el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), y la CFE, con equipo más sofisticado, con el cual se pudo cuantificar de una manera más precisa cuál era el verdadero potencial de las zonas que habían estado bajo estudio y valoración durante esas décadas, y a partir de estos trabajos de evaluación del recurso eólico, que determinó a la región de la Ventosa como la de mayor potencial eólico, mostrando en las distintas mediciones que la fuerza de los vientos se equiparaba, con los mejores lugares a nivel mundial.

Como la zona de la Ventosa se extiende en una porción amplia, el criterio para instalar la actual central de La Venta fue que, la futura ubicación debería contar con una buena accesibilidad, para la transportación de los materiales a dicho lugar, donde se llevaría a

cabo el armado de la central, se debía contar con el menor obstáculo, ya que si se presentaban problemas de accesibilidad los costos de construcción podrían sufrir un incremento y de lo que se trataba con buscar la mejor ubicación era reducir este costo de construcción y fue por eso que el lugar que se seleccionaron terrenos cercanos a la carretera Panamericana, y los que cumplía con estos requisitos fueron los ubicados en el ejido de La Venta, en Juchitán de Zaragoza Oax.

Ya pasados los trabajos para determinación de potencial eólico y posible ubicación de la que sería la Central Eoloeléctrica de La Venta, se pasó a realizar negociaciones con los ejidatarios para la ubicación de la central en sus tierras, pero CFE no estaba interesada en expropiar estos terrenos ya que del total del terreno donde se asienta una central de este tipo sólo se ocupa entre el 5 y el 7 %, que es lo que se ocupa físicamente con el equipo e infraestructura y permite realizar otro tipo de actividades productivas; la opción para ocupar estos espacios, fue pagar una renta por dichos terrenos a los propietarios, por un lapso de treinta años ya que para la CFE resultaba rentable y no se perjudicaba a la población con la expropiación de sus terrenos, además esta práctica de rentar, se realiza en países donde se da un aprovechamiento a gran escala del recurso eólico, y como ha dado un buen resultado ahí, se implementó en México siendo que hasta el momento los ejidatarios a los que se les arrendan sus tierras no han expresado ninguna inconformidad.

Al haber resuelto CFE en qué lugar se habría de instalar la Central de La Venta y que arreglo se tendría con los dueños de los terrenos, para poder hacer uso de sus tierras, el personal especializado en el desarrollo de la energía eólica, se dio a la tarea de ver qué tecnología sería la más adecuada, y ya teniendo los parámetros de la tecnología que se necesitaba se lanzó por medio de la CFE, una licitación internacional para ser provistos de la tecnología así como su instalación y la empresa ganadora fue **Vesta**, de origen Danés y una de las líderes en el ramo, los costos totales de construcción de la instalación, ascendieron a 2.2 millones de dólares, que para la época en que fue construida la central los costos fueron elevados respecto a otro tipo de instalaciones para la producción de energía eléctrica, como las termoeléctricas, pero al ver los resultados de producción de energía eléctrica de la central Eoloeléctrica, resultó que a largo plazo es rentable ya que la eficiencia de la central es una de las mayores del mundo en las productora de energía a través del viento, dando con esto buenas expectativas para una expansión en un mediano plazo.

En lo que respecta a los costos por mantenimiento ascienden a dos millones de pesos al año, estos se elevan un 25 % por los gastos administrativos de la propia paraestatal, ya que sin estos gastos, el costo por mantenimiento sería de 1.5 millones de pesos, explicando el superintendente de la Central de la Venta que estos costos por mantenimiento son baratos, si se comparan con otro tipo de centrales eléctricas.

La instalación y puesta en marcha se dio de manera rápida, ya que al tener el diagnóstico de la zona susceptible a ser explotada, hace que no sea mucho el tiempo que transcurre entre selección del lugar para la instalación, edificación y puesta en marcha de la central y como se pudo observar con la Central Eoloeléctrica de La Venta que se instaló en seis meses, en enero de 1994 se comienza la construcción y en junio del mismo año se termina, dando inicio en julio de ese mismo año las pruebas de fuerza de servicio, para con esto evaluar el desempeño y comportamiento de las máquinas, para que en septiembre de 1994 estuviera ya funcionando la central y produciendo energía eléctrica, la cual se canaliza al fluido de la red nacional y posteriormente ser distribuido en las tres poblaciones que se encuentran en la periferia de la planta de La Venta. La central produce 1.5 megawatts (MW), que representa el 0.1% de la producción de energía eléctrica a nivel nacional. En lo que respecta al costo de la energía eléctrica, este no disminuye ya que como se mencionó anteriormente el fluido eléctrico se incorpora a la red nacional y el costos por suministro de energía se cobra de acuerdo con los tabuladores de CFE y no por el tipo de central que produce energía eléctrica.

Menciona el Ing. García, superintendente de la central Eoloeléctrica de La Venta, aparte del beneficio económico que tienen los dueños de los terrenos donde se encuentra ubicada la central de La Venta, hay más personas beneficiadas en la actualidad, aunque no son una gran cantidad, hay una derrama económica y en este caso son los habitantes de las poblaciones vecinas, ya que como explica el superintendente, se contrata gente para que haga limpieza de las áreas circundantes a los aerogeneradores, ya que se acumula maleza y puede resultar en problemas de funcionamiento de estos equipos, también se requiere de personas que compongan las piezas que llegan a deteriorarse o descomponerse de los aerogeneradores y para esto se utiliza mano de obra local, como mecánicos o torneros de la zona, generando con esto empleos relacionados con la central y en beneficio de los habitantes de poblaciones vecinas, además esta central resulta como un atractivo turístico ya que los viajeros que hacen uso de la carretera panamericana al ver la central, se detienen para visitarla y en cierta manera consumen productos que venden

en la población cercana que es el ejido la Venta lo que genera cierta derrama en la economía local.

Mencionaba el Ing. García que al hacer más extensiva la instalación de este tipo de centrales, obviamente la creación de fuentes de trabajo de manera indirecta crecería en la zona, obviamente asociadas a la energía eólica, con el mantenimiento de las centrales, industria asociada para surtir de piezas y refacciones con la construcción de fábricas especializadas en esto, creando puestos de trabajo en mediana cantidad.

Por último otro beneficio que representa este tipo de centrales es con el medio ambiente ya que por el momento y aunque la central de la venta es una instalación piloto y se puede considerar de pequeñas dimensiones, desde que se puso en funcionamiento se evita al año la quema de once mil barriles de petróleo al año, entonces si se aumentan este tipo de centrales Eoloeléctricas el beneficio ambiental sería mayor, evitando con esto que lleguen a la atmósfera importantes cantidades de CO₂ y otros gases contaminantes que propician el efecto invernadero y el calentamiento global.

En lo que respecta a los proyecto a futuro en la zona, la CFE tiene previsto aumentar la producción a 100 MW, en la zona de la Ventosa, asimismo hay empresas particulares que se encuentran realizando convenios de tierra desde la Ventosa que está a 15 Km., de la Venta hacia el poniente de esta, hasta Santo Domingo Ingenio que está a 5 kilómetros de la Venta, a la fecha ya se tienen negociados los terrenos para rentarlos, e instalar más desarrollos eólicos.

Unos meses antes de comenzar la construcción de la Central, la CFE en varias sesiones brindó pláticas informativas a todos los habitantes del ejido La Venta, sobre el proyecto y las características de este, para que los pobladores supieran como iba a ser el funcionamiento de la central, cuales serían los beneficios y como se verían impactados tanto en sus tierras como en su forma de vida.

4.2.3 La Población local

En el caso de los pobladores, se realizó una visita a la población que se encuentra en la cercanía de la central eoloeléctrica de La Venta, como lugar prioritario para conocer su

percepción acerca de esta, aunque también se tomó opinión de habitantes de otras poblaciones, para poder recabar información de primera mano, que pueda ser contrastada con la visión que presenta la empresa que está encargada de dicha Central en este caso la CFE, porque son los habitantes los que han convivido con esta central desde hace 10 años y en este lapso de tiempo ya podrá tener una visión más clara de estar en vecindad con esta tecnología.

Otro punto importante para verificar, es saber el que grado se están suscitando modificaciones ó alteraciones en vida su diaria, por supuesto sin olvidar el entorno, que es donde habitan siendo además el lugar que es explotado por algunos de ellos y del que obtienen ingresos, sirviéndoles para satisfacer sus necesidades básicas, obviamente también las de sus familias, desde que instalaron la Central o simplemente sean espectadores de todo lo que acontece ahí, sabiendo de la central porque su vista se encuentra con ella, en camino a realizar sus labores cotidianas.

Por otro lado desde que instalaron esta central y a lo largo de estos años que lleva ya en funcionamiento esta planta piloto, en cierta manera se pudiese haber llegado a generar expectativas, por todo el desarrollo que implica la edificación de este tipo de plantas generadoras de electricidad, ya que no les es del todo ajeno lo que implica la generación de energía eléctrica a través del viento, la energía eólica y de los beneficios que este tipo de desarrollos pudiera traer implícitos para la población de la región y no sólo de las poblaciones aledañas, la creación de empleos bien remunerados, para una población que en la actualidad cuenta con empleos de tipo temporal y en ocasiones alejados de sus poblados, asimismo la mejora en los servicios públicos e ingresos de dinero por el cobro de impuestos por parte de las autoridades locales a las empresas que se establezcan en la zona, así como las percepciones y expectativas que guardan los moradores respecto a la instalación de la Central eoloeléctrica de La Venta.

A partir de la experiencia generada en los habitantes del ejido la Venta, a lo largo de estos años de tener cercanía con la central eoloeléctrica, al momento de consultarlos sobre si habían sufrido en general algún tipo de afectación desde que se puso en marcha la Central, se vertieron dos tipos de opinión, la primera de ignorar de que fueran esas instalaciones y no saber que se hacia en ellas, ya que nadie les había explicado para qué eran, y los que si sabían que se realizaba ahí y cómo funcionaban la Central, pero en lo que todos si coincidían era que desde su construcción ellos no habían sufrido ningún tipo

de afectación, en sus familiares, sus bienes o animales que ellos tienen, pero a los que si conocían sobre este proyecto eólico les quedaba claro, que si se daba un mayor impulso a este tipo de desarrollos de generación de electricidad, se verían beneficiados ya que esto les acarrearía desarrollo y beneficios económico para la zona.

Por otro lado los pobladores resaltaban que hay otra ganancia y es la de poder obtener un dinero extra, en el caso de los que tienen cierta cantidad de hectáreas, con la renta de sus terrenos a las empresas que quieran instalarse en la zona para establecer plantas eólicas, aunque por el momento son pocos los beneficiados por el arrendamiento de sus tierras y reciben aproximadamente entre treinta y cinco mil y cuarenta mil pesos al mes de renta por parte de la CFE.

Dentro de estos beneficios económicos está el que perciben las autoridades del comisariado ejidal de La venta, de la empresa (la Comisión Federal de Electricidad), que actualmente hace usufructo de los terrenos ejidales, donde se aprovecha el viento, en la central de La Venta, paga de manera anual una cantidad al comisariado ejidal por el uso de las tierras que pertenecen al ejido, la cifra que comentaron perciben, es de cien mil pesos anuales, la cual se utiliza para adquirir equipo y mejorar la infraestructura del poblado, y es por medio de asamblea que se decide en qué gastar ese dinero.

Otro beneficio que se da aunque de manera muy localizada en el poblado, es el de las personas que transitan por la carretera panamericana y al ver la Central eolieléctrica de La Venta, hacen paradas con el fin de visitarla y se da el caso que al terminar su recorrido por esta, buscan comprar agua o algún tipo de alimento y hacen uso de los comedores y tiendas que existen en esta localidad, generando con esto una derrama extra, al consumo que hacen los propios pobladores, llegando a ser significativa en las temporadas en que se presentan periodos vacacionales.

En los comentarios vertidos por las personas, en la generalidad se coincidía que si había este tipo de beneficio con una Central tan pequeña, que es una central piloto, lo que podrían esperar con un desarrollo más extenso de este tipo de centrales eólicas, sería la oportunidad de que se crearan fuentes de trabajo para los habitantes locales, tanto como empleados de dichas centrales como en la industria que se instala como parte complementaria a ésta, para surtir de equipos y piezas necesarias en desarrollos de dichas dimensiones y ya no depender tanto de trasladarse a otras regiones para conseguir un

trabajo y por otro lado sacar el beneficio de percibir una renta, por si la próxima central la ubican dentro de sus tierras y con esto obtener el beneficio económico extra a lo que se percibiría únicamente por las poco rentables cosechas que obtienen.

Algo de lo que parecen darse cuenta muy bien los que habitan cerca de esta Central, es que esta no genera ningún tipo de contaminante que ponga en riesgo su salud o ponga en peligro a sus animales y el medio que los rodea, y perciben a los aerogeneradores como uno "rehiletotes" que se "ven bonitos", y algo que les llaman la atención es su tamaño y también porque la mayoría del tiempo se encuentran en funcionamiento, les resulta llamativo produzcan energía eléctrica y sin contaminar. Porque mencionaban que mientras no se utilicen cosas que tengan materiales radioactivos todo estaba bien. Y algo que hace atractivo este tipo de centrales, para los pobladores es que una parte significativa de estas, se puede seguir utilizando para realizar actividades agrícolas o de ganadería, con lo cual no se quedan ociosas las tierras y obtienen un beneficio económico.

La población está conciente que la energía eólica puede traer muchos beneficios, aunque la mayoría lo percibe como beneficio económico, otros que resultaron los menos, ven con buenos ojos que se fomente la instalación de centrales de este tipo ya que es necesario cuidar y no contaminar el entorno, porque sino qué futuro les va a esperar a sus hijos, en un lugar contaminado y en el que las condiciones de vida sean malas.

Donde los habitantes de estas poblaciones no ven beneficio, ni tampoco una diferencia significativa, es en el pago de las tarifas eléctricas ya que pagan lo mismo o inclusive más por su consumo bimestral, y en su opinión al contar dentro de su ejido con una central con las características, como la de la Venta, en que se está produciendo energía eléctrica, en algo que es tan abundante en la zona como es el viento y que en su percepción el costo de producción de electricidad resulta barato, entonces se les debería cobrar menos por el fluido eléctrico, ya que si se produce en sus terrenos deberían ver beneficios más palpables.

Por otro lado, algunos de los pobladores consideran que si se hace más extensiva la instalación de centrales eoloeléctricas, se espera llegar a un acuerdo con la empresa que se encarga de regular las tarifas, en este caso la CFE, ya sea para que se les condone el pago de la tarifa eléctrica ó se les cobre una tarifa preferencial, ya que no parece justo, que sea en su región se produzca la energía eléctrica y ellos tengan que pagarla tan cara.

En lo que respecta a la cobertura de energía eléctrica, la gran mayoría cuenta con este fluido y aunque esta ahí la central eólica no se a cubierto en su totalidad a la población.

Es así que la población está a la espera de que se siga desarrollando más proyectos para el aprovechamiento de la energía eólica, ya que lo ven este tipo de desarrollos como un factor que detonara la inversión de capital en la zona y por ende habrá una derrama económica que será positiva no sólo para ellos, sino que se beneficiaría a toda una región y de manera paralela al medio ambiente, ya que como se mencionó anteriormente también surge en algunos la inquietud sobre que tipo de futuro quieren para sus hijos, uno en el que todo este contaminado los recursos que son necesarios para sobrevivir, u otro en el que ellos puedan tener una mejor calidad de vida a partir de un entorno sin grandes cantidades de contaminantes y con buena parte de sus recursos sin deprestar para las futuras generaciones.

4.2.4 Las Autoridades (municipales y ejidales)

Por parte de las autoridades municipales se encontró una apatía total, no proporcionando información alguna, expresando que no se encontraban en posibilidad de ofrecer datos argumentando que el gobierno estatal era el encargado de dotar de información y desconocían qué se estuviera haciendo en la actualidad en la zona de La Ventosa.

Caso contrario sucedió con algunos de los integrantes del comisariado ejidal, que aunque muy escuetos en su información, por lo menos respondieron que se obtiene un ingreso anual por derechos de uso de los terrenos donde se ubica la Central Eoloeléctrica de La Venta, ascendiendo a 100,000 pesos anuales el monto del pago y que para su uso futuro se llama a una asamblea con los habitantes del ejido, llegando en el lugar a los acuerdos pertinentes, vale mencionar que comentaron estas autoridades que se están llevando negociaciones con la CFE, para que a los poblados que comprenden el ejido de La Venta se les haga una reducción de la tarifa eléctrica por consumo habitacional.

Otro comentario que se hizo por parte de los ejidatarios, es que en la actualidad ya se signaron los acuerdos para la renta de más terrenos por parte de CFE, para la construcción de la central eoloeléctrica de la Venta II, la cual también se va a ubicar en terrenos pertenecientes al ejido, siendo esta nueva planta de una extensión mucho mayor

a la que existe en la actualidad y con la que los beneficios tanto económicos como de empleo para la población serán buenos.

Se tiene un proyecto en puerta, con un consorcio español para la generación de energía eólica en la zona, con los que ya tuvieron las primeras pláticas y al parecer la inversión de este consorcio será importante por lo que se vislumbra un creciente desarrollo de la explotación de la energía eólica y esperan que esto se vea reflejado en el aspecto económico, ya que otros ejidos también se verán beneficiados por estas futuras inversiones.

Capítulo 5. Futuros proyectos en la zona de estudio en términos de potencial energético.

5.1 Futuros proyectos en la zona de estudio en términos de potencial energético.

Huacuz (1999), propone que si se da un desarrollo a gran escala de la Energía Eólica, aparte del beneficio que traerá a los habitantes y al ambiente, puede ser un detonante del crecimiento industrial en la región ya que en esta se instalarían fábricas para la producción de partes de los aerogeneradores, así como para su mantenimiento, generando además fuentes de trabajo para la población de la región de estudio (Plaisant)¹, dependiendo de qué tan amplia sea esta expansión serán los beneficios.

En lo que respecta a las necesidades futuras de energía eléctrica según la Secretaría de Energía (2001) "se prevé que la evolución del consumo crecerá a una tasa promedio para el periodo 2001-2010 cercana al 6.3 por ciento, de acuerdo a los ajustes realizados en las expectativas de crecimiento de la actividad económica de los últimos años. En consecuencia, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) requerirá de 27,357 MW para los próximos diez años, de los cuales 10,854 MW se encuentran en proceso de construcción o comprometidos y 16,503 MW se obtendrán de proyectos de capacidad adicional aún no comprometida. Además se espera la adición de 4,862 MW de proyectos de generación privada, lo que representa una capacidad adicional instalada de generación total de 32,219 MW. Y debido a que la inversión pública en el sector es insuficiente se requiere complementarla con inversión de particulares, nacionales y extranjeros, para garantizar la expansión del sector. "

De acuerdo con datos publicados por la CFE y la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE)², a partir de los primeros meses del año 2005, se pondrá en marcha la construcción de la Central Eoloeléctrica de La Venta II, ya que a mediados de junio de 2004, se publicaron las bases para Licitación Pública Internacional por la CFE, con el

¹ También esto es manejado por el Dr. Ricardo Mota Palomino en la entrevista que realizó y publicó Octavio Plaisant en la Revista "Investigación hoy" del IPN.

² Datos obtenidos de sus respectivas páginas de Internet.

objeto de recibir llave en mano la construcción, operación y mantenimiento de la central eólica *La Venta II*, esto a inicios de 2005. Otro proyecto que se espera concretar hacia finales de 2004, es la elaboración del Reglamento para la próxima *Ley Que Regula Las Autorizaciones Que Podrán Expedirse Para La Construcción ó Modificación en el Estado de Oaxaca, de una Central Eólica Interconectada al Sistema Eléctrico Nacional*.

Dentro de los proyectos particulares en los que se trabaja actualmente para la futura puesta en marcha de una central Eoloeléctrica en la zona de La Ventosa, para finales de 2004, como se publicó en el diario *El Financiero*, la nota periodística, titulada ***Tramita inversionistas extranjeros instalación de planta eólica en el Sur. La primera fase incluye parque de 30 megavatios***, y en ella se publica que:

"Después de varios años de negociaciones, la energía eléctrica generada con viento se vuelve un negocio rentable y una opción real a las necesidades del fluido en el país... Alejandro Sampelayo, delegado en México de Expansión Exterior (Empresa Pública Española), reveló que financiarán a la firma PCI, misma que acaba de asociarse con Fluor, para desarrollar un proyecto eólico en el Istmo de Tehuantepec...En una primera fase, comentó, instalarán un parque de 30 megavatios, luego 150 más, que servirán para iluminar la región...Según sus planes de negocios, en los próximos seis meses concluirán con el proyecto, para que a finales de 2004 entren en operación comercial."

También se ha dado el primer paso encaminado a la construcción de otra central eoloeléctrica, al lograrse el cierre financiero de *Fuerza Eólica del Istmo SA de CV* con la Banca Internacional y sus asociados, ya que se logró el registrar de manera definitiva los predios particulares de la *Sociedad Agrícola Fuentes y Guzmán*; para iniciar en estos a construir a mediados del 2005, lo que será una nueva central eoloeléctrica, aunque no se detalla de qué capacidad será la central.

Con el fin de tener una mayor certeza jurídica en todo el proceso que implica la generación de energía eléctrica a través de energías renovables, la CFE con el apoyo de la Secretaría de Energía (SENER) y la CONAE, se han propuesto para el segundo semestre de 2004, que se elaborará el organigrama y el reglamento de operación de la Secretaría de los Energéticos Renovables (SER).

En lo que respecta al impacto positivo en la economía tanto local como regional que podría acarrear la instalación y puesta en marcha de las centrales eoloelectricas en la zona del Istmo de Tehuantepec perteneciente a Oaxaca el Dr. Mota Palomino (Plaisant, 2000) menciona que el avance de los proyectos eólicos traerá importantes beneficios ecológicos, económicos y sociales al estado de Oaxaca. El uso de estas tecnologías limpias cada vez tiene mayor importancia internacional, incluso el Banco Mundial otorga apoyos y financiamiento a los países interesados en desarrollarlos. Otros de los beneficios aparejados al uso de las plantas eólicas son la creación de fuentes de trabajo al desarrollarse una industria para la fabricación y mantenimiento de hélices, turbinas, alabes y rotores requeridos en las plantas eólicas.

Conclusiones

- Con la edificación y puesta en marcha de la Central Eoloeléctrica piloto de La Venta, - hace aproximadamente 10 años- ya se han generado datos significativos sobre la producción de energía eléctrica así como los impactos económicos, sociales y ambientales en la zona de estudio que a continuación se irán desglosando.
- Para la instalación de Centrales Eoloeléctricas, en países en vías de desarrollo como México, se debe mencionar en primera instancia que toda la tecnología para la generación de electricidad a través del viento debe ser importada de países donde esta se encuentra muy desarrollada, y salvo unos pequeños ajustes su implantación en México no ha tenido el mayor problema. En lo que respecta a la viabilidad económica, la inversión que se tiene que hacer en la instalación de una Central Eoloeléctrica, resulta ser menor a otras formas convencionales de producción de energía eléctrica, aunque los resultados se perciben mejor a mediano y largo plazo.
- En México aún la generación de electricidad por medio del viento no proporciona una cantidad significativa de electricidad, ya que sólo representa el 0.01% de la producción nacional de energía eléctrica; la Central Eoloeléctrica de La Venta producen 1.5 MW, con lo que se abastece a 2,100 hogares, dándole una cobertura del 100% a los tres poblados que abastece en la región de la Ventosa, pero dadas las características de la región, su potencial eólico a partir de estudios realizados in situ, es bastante bueno y de acuerdo con las proyecciones realizadas, si se llega a realizar una explotación a gran escala se podría cubrir una parte significativa la demanda de fluido eléctrica del país, además que resulta una manera de diversificar la generación de electricidad y no ser dependientes de un solo recurso.
- En la zona de estudio a partir de la visita a campo y los testimonios de los distintos actores involucrados, estos manifestaron no haber detectado ningún tipo de afectación desde la instalación de la Central eoloeléctrica de la Venta, y por otra parte se constató que se han generado impactos en la zona a raíz de la instalación de dicha central: la obtención de un ingreso económico para el comisariado ejidal, ya que la Comisión

Federal de Electricidad (CFE), realiza un pago anual a éste por la utilización de las tierras que están dentro del ejido, beneficio económico a los propietarios de los terrenos donde se ubica la Central de La Venta al obtener una renta por parte de la CFE y a la vez mantener las labores agrícolas y de ganadería en un 90% de la superficie del terreno que ocupa la central, representando un impacto positivo, beneficio a la economía local se da cuando en la central se presenta un desperfecto estructura de los aerogeneradores y se recurre a los talleres cercanos para reparar las piezas, y generación de puestos de trabajo de manera temporal para realizar labores de limpieza y mantenimiento dentro de la Central. Un impacto negativo de acuerdo con lo habitantes es que no hay un trato preferencial a la hora del cobro de las tarifas eléctricas, a pesar que es en esa zona donde se aprovecha la energía eólica y se produce el fluido eléctrico.

- Teniendo en cuenta los impactos que se mencionaron anteriormente derivados de la instalación de la Central Eoloeléctrica y que un sector de la población ya los ha experimentado, lo que se percibe a partir del estudio de campo es que en su mayoría los pobladores ven con buenos ojos la instalación de Centrales Eólicas, ya que no produce un riesgo inminente y al contrario se pueden contribuir para implantar un tipo de desarrollo del que no se tenía antecedente en el país, a partir de la generación de energía eólica en la región de la Ventosa, que por sus propias características, coadyuvará en la creación de empleos y desarrollo de infraestructura tanto a nivel local como regional.
- Una contribución que puede hacer la Geografía, para el desarrollo de zonas que son aptas para el aprovechamiento de la energía eólica, es realizar una mejor valoración de los lugares idóneos, con las distintas tecnologías que se tienen en la actualidad y el geógrafo junto con otros profesionales puede contribuir a realizar el análisis partiendo de las características que tienen los pobladores y relación que guardan con la zona para hacer la respectiva valoración donde se pretenda realizar la instalación de una Central eoloeléctrica, para generar e instrumentar planes de desarrollo sustentable de acuerdo a sus necesidades, con el fin de conseguir para estas comunidades una mejora en su nivel de vida y una adecuada conservación de sus recursos naturales y humanos con que cuentan.

- Desde mi punto de vista con la realización de éste trabajo de investigación, puedo llegar a la conclusión que la instalación de centrales eoloeléctricas como la ubicada en la Venta pueden permitir utilizar un recurso como el viento que no ha sido debidamente aprovechado, generando con esto beneficios en provecho de distintos actores y que en un mediano y largo plazo puede llevar a esta región a incrementar la calidad de vida en gran parte de la población, esto acompañado de programas que sensibilice a la población, sobre lo que es y significa la energía eólica, y que tan beneficioso puede llegar a ser para la localidad, mencionando los inconvenientes que esto presente a futuro, involucrándolos en campañas de difusión, para poder crear las condiciones de un desarrollo sustentable en las poblaciones.

Cuestionario para el personal de la CFE

1. Cuanto tiempo se tardo la instalación de la central eoloeléctrica.

2. ¿Por qué se selecciono este lugar para instalar la central?

3. ¿Qué efectos favorables trae consigo este tipo de instalaciones?

4. Para la instalación de esta central a cuanto ascendieron los costos de construcción y a cuanto ascienden los costos de mantenimiento por año.

5. Se presentó algún problema con la adquisición de los terrenos donde se encuentra la central eoloeléctrica. ¿De que tipo?

6. Se tiene algún plan para la expansión de esta planta . ¿Qué cantidad de energía se pretende generar?

Cuestionario para los pobladores

1. Ha tenido algún tipo de afectación por la instalación de la central eoloeléctrica. (de que tipo)

2. Cree usted que con la instalación de la central eoloeléctrica se ha beneficiado a la comunidad. De qué manera.

3. Ha notado que afecte al entorno ambiental esta central eoloeléctrica.

4. Cree usted que sea benéfico para la comunidad y el medio ambiente la instalación de este tipo de centrales.

5. Este tipo de central le permite a la población que se puedan desarrollar otras actividades productivas.

6. Ha notado una mejoría en la calidad de cobertura del suministro de energía eléctrica.

7. Ha existido algún tipo de afectación en sus tierras.

8. Desde de su punto de vista que opinión tendría sobre la construcción de este tipo de infraestructura. La considera "positiva" o "negativa".

Cuestionario para las autoridades.

1. ¿Por qué se selecciono este lugar para instalar la central eoloeléctrica?

2. ¿Qué tipo de dificultades se presentaron para la instalación de la central?

3. Se presentó algún tipo de problema con los pobladores por la edificación de la central.

4. Hubo algún tipo de participación de las comunidades en la instalación de la central eoloeléctrica. Como fue la participación

5. Existió alguna propuesta de la población con respecto a la central. De que tipo.

6. Existieron negociaciones entre la población, autoridades y CFE, cuando se iba a instalar la central, de que tipo fueron estas negociaciones.

GLOSARIO

A

Aerogenerador: Máquina que transforma la energía del viento (energía eólica) en electricidad.

Álabes: Paleta combada y perfilada que en las turbinas y otras máquinas sirve para canalizar el fluido o para convertir su empuje en energía mecánica.

AWEA: American Wind Energy Association, Asociación Americana de Energía del Viento. Organismo Estadounidense, donde se conjuntan los principales productores de energía eólica de los Estados Unidos. Y donde se presentan las innovaciones del sector.

B

Barril de Petróleo: Equivale a 159 litros de petróleo.

Biomasa: Masa de organismos en cualquier nivel trófico, área o volumen de un ecosistema. La biomasa se mide en cantidad de materia por unidad de superficie o de volumen. Los valores de biomasa y sus variaciones son magnitudes muy importantes en ecología. La biomasa vegetal es susceptible de utilización industrial para la producción de energía por combustión o para la producción de otras sustancias de interés mediante procesos de fermentación.

C

Calentamiento global: Es el aumento de la temperatura media de la tierra, que en parte es debido a la emisión de gases asociada con la actividad humana.

Cambio climático: Es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Central Eoloeléctrica: Conjunto de Aerogeneradores y equipos que utilizan el viento para producir energía eléctrica.

Central Hidroeléctrica: Instalación donde se obtiene electricidad a partir de energía potencial o cinética del agua.

Central Termoeléctrica: Es el tipo de central donde se usa una turbina accionada por vapor de agua inyectado a presión para mover el eje de los generadores eléctricos. Se puede producir desde los 5 hasta los 5000 Kwatts

CFE: Comisión Federal de Electricidad. Empresa paraestatal encargada de generar y distribuir el fluido eléctrico, en gran parte del país.

Cogeneración: Producción simultánea de trabajo y calor.

Combustibles fósiles: Sustancias combustibles procedentes de residuos vegetales o animales almacenados en periodos de tiempo muy grandes. Son el petróleo, gas natural, carbón, esquistos bituminosos, pizarras y arenas asfálticas.

Combustión: Una reacción química entre el material de combustión (combustibles) y el oxígeno que produce calor.

Consumidor: Persona, casa habitación, comercio ó industria que utiliza la energía eléctrica para su servicio.

Corriente Eléctrica: Es el flujo de carga eléctrica que pasa por un cuerpo conductor, su unidad de medida es el amperio.

D

Dióxido de Carbono. (CO₂): Gas que se desprende en las combustiones (si el combustible tiene carbono en su estructura) y que se absorbe por las plantas en la fotosíntesis.

Dióxido de Nitrógeno, (NO₂): Gas de color rojo oscuro que se produce en las combustiones por oxidación del nitrógeno de la atmósfera. Es muy tóxico y uno de los gases generadores de lluvia ácida.

E

Efecto invernadero: calentamiento de la atmósfera producido por la alteración del balance térmico debido al aumento de la concentración de gases, CO₂, metano, CFC's y NOx.

Electricidad: Incluye los sectores que generan, transmiten y distribuyen energía eléctrica de origen térmico e hidráulico. Corresponde a empresas de servicio público y empresas autoproductoras de electricidad y cogeneración.

Energía: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).

Energía Eólica: Energía cinética del aire, es producida por los vientos y se aprovecha en los molinos de viento en los aerogeneradores. También se utiliza para la generación de electricidad en las centrales eoloeléctricas.

Energía Geotérmica: El calor interno de nuestro planeta produce el derretimiento de las rocas y el calentamiento de las aguas subterráneas y los gases subterráneos calientan el agua de las capas inferiores, la que emana a la superficie en forma de vapor o líquido caliente. Estas erupciones, intermitentes, normalmente las encontramos en zonas volcánicas y se conocen con el nombre de géiser.

Energía Hidráulica: Fuerza viva de una corriente o de una caída de agua que se aprovecha en forma de energía mecánica para mover maquinarias o producir energía.

Energías alternativas: Se considera energías alternativas a las que pueden sustituir a la energía convencional (fósiles, grandes centrales hidroeléctricas, energía nuclear), y que no implican impactos negativos significativos. Son consideradas como alternativas entre otras la energía solar, eólica, biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas.

Energía limpia: Una energía se considera limpia cuando su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, y suponen un nulo o escaso impacto ambiental. Prácticamente no existe una energía limpia 100%. Con esta definición quedan excluidas por ejemplo, las grandes represas y la energía nuclear. Las energías limpias, son renovables y compatibles con sociedades sustentables.

Energía nuclear: Energía que mantiene unidas las partículas en el núcleo de cada átomo. Al unirse dos núcleos ligeros para formar otro mayor (reacción de fusión), o al partirse en dos o más fragmentos un núcleo muy pesado (reacción de fisión) se libera en forma de energía calorífica y radiante.

Energía primaria: Fuente de energía natural existente en la Naturaleza, como el carbón, el petróleo, el gas natural, el sol, agua almacenada o en movimiento, las mareas, el viento, el uranio, calor almacenado en la tierra (geotermia), etc. Después de su transformación, la energía primaria produce energía intermedia (gasolina, carbón, electricidad, etc.).

Energías renovables: energías procedentes de fuentes renovables por formar parte de ciclos naturales o en oposición a aquellas que proceden de reservas. Son energías renovables la solar, eólica, del agua, mareomotriz y de la biomasa.

Eólico: Relativo al viento.

Eolo: De la Mitología Griega, Dios del viento.

Eoloeléctrico: Proceso y equipos cuya finalidad es la de producir energía eléctrica utilizando la energía del viento.

EWEA: European Wind Energy Association, Asociación Europea de Energía del Viento. Organismo europeo donde están asociados los países productores de energía eólica, se difunden las innovaciones tecnológicas del sector.

G

Gas natural: Mezcla gaseosa de hidrocarburos en la que predomina el metano (CH₄). Se forma en el interior de la Tierra, en cuencas sedimentarias donde puede presentarse

asociado al petróleo. Es combustible y tiene aplicaciones industriales y domésticas. Se puede transportar desde las regiones productoras por tuberías (gasoductos).

Gases de efecto invernadero: Compuestos químicos gaseosos como el dióxido de carbono y el metano cuyos vertidos a la atmósfera contribuyen al efecto invernadero.

Geotérmica: A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en una serie de reacciones naturales (calor remanente originado en los primeros momentos de formación del planeta y desintegración de elementos radiactivos) que suceden en el interior de la tierra y que producen enormes cantidades de calor. Esta energía se puede poner de manifiesto de forma violenta a través de fenómenos como el vulcanismo o los terremotos, y en sus fases póstumas: géysers, fumarolas y aguas termales.

H

Hectárea: Unidad de superficie equivalente a 100 áreas y, por tanto, a 10,000 metros cuadrados. Abreviatura *ha*.

Hidrocarburos: Compuestos orgánicos formados por carbono e hidrógeno. Existen numerosos derivados de los hidrocarburos, por ejemplo los clorados y fluorados. Tanto entre los hidrocarburos como entre sus derivados existen numerosas sustancias de importancia industrial, agrícola, médica y ambiental (combustibles, pesticidas, tóxicos, etc.).

I

IIE: Instituto de Investigaciones Eléctricas.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Junta oficial de científicos para estudiar los cambios climáticos que puede provocar la actividad humana. Ha admitido que los vertidos gaseosos de la industria están incidiendo en el clima.

K

Kilovatio. Unidad de potencia eléctrica equivalente a 1000 vatios. Abreviatura kw.

M

Minihidráulica: Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de un curso de agua como consecuencia de la diferencia de nivel entre dos puntos. Hay una gran variedad de instalaciones pero se podrían clasificar en tres grupos: centrales de agua fluyente, de pie de presa y de canal de riego o abastecimiento. Se consideran centrales minihidráulicas aquellas cuya potencia es igual o inferior a 10 MW.

MW: Megavatio, un millón de vatios.

O

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. Organismo donde se encuentran reunidas las economías más importantes del orbe.

P

Petróleo. Mezcla líquida de hidrocarburos de origen natural que se encuentra en yacimientos limitados por rocas impermeables.

N

Nucleoeléctrica: Se refiere a la producción de electricidad a partir de la energía obtenida de la fisión nuclear.

R

Recurso no renovable: recurso natural que no puede reemplazarse, regresarse o llevarse a su estado original, una vez se ha extraído

Red de distribución eléctrica: Grupo de cables y equipos que transportan la energía eléctrica hasta el consumidor.

Rotor: Álabes o palas que al girar forman un círculo de varios metros de diámetro.

T

Torre tubular cónica: Torre metálica de forma cónica sobre la que se monta el equipo mecánico y eléctrico de un aerogenerador a una altura de varios metros (ejemplo 30 metros).

U**Unidades:**

GW Gigavatio. Unidad de potencia que equivale a 1.000 megavattios (MW)

Wh Gigavatio/hora. Unidad de energía que equivale a 1.000 megavattios/hora (MWh)

KW Kilowatt. Unidad de potencia, equivale 1000 Watts (ó vatios).

KWh Kilowatt hora. La potencia de mil watts aplicada durante una hora (o una potencia equivalente). 1 kWh es una unidad de energía - 1 kWh = 3600 Joules.

W

Watt: Es la unidad de potencia de un elemento receptor de energía (por ejemplo una radio, un televisor) Es la energía consumida por un elemento y se obtiene de multiplicar voltaje por corriente.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso C., A. y L. Rodríguez V. 1985. Alternativas Energéticas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica. México. Pág. 583.
- Borja D., M. A, et. al. 1998. Instituto de Investigaciones Eléctricas /Programa Universitario de Energía (UNAM). Estado del Arte y Tendencias de la Tecnología Eoloeléctrica. México, D.F. 1ra. Edición. 141 pág.
- Boyle, G. Edited by. 1996. Renewable Energy. Power and Sustainable Future. Published by Oxford University, Press Oxford in association with Open University Milton Keynes. Oxford England. Pp. 27 – 29, 270 – 312.
- Cádiz D., J.C. 1984. La energía eólica tecnología e historia. Ilustraciones Juan Ramos Caballero. Editorial Hermann Blume. España.
- Campos, A., L. Coordinadora. 1997. Experiencias Concretas de Innovación y Aprendizaje Tecnológico en la Empresa Luz y Fuerza del Centro. Primer Seminario Sobre Situación y Perspectivas del Sector Eléctrico en México. Tomo II. Instituto de Investigaciones Económicas, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Energía, Coordinación de Vinculación UNAM. México. Pp. 1 – 31.
- Campos, A., L. Coordinadora. 1997. Energía Eléctrica y Medio Ambiente en México. Primer Seminario Sobre Situación y Perspectivas del Sector Eléctrico en México. Tomo III. Instituto de Investigaciones Económicas, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Energía, Coordinación de Vinculación UNAM. México. 226 pág.
- Carless, J. 1995. Guía de alternativas ecológicas. Energía Renovable. Tecnología de punta para utilizar otras fuentes. Editorial EDAMEX. 246 pág.
- Cassedy, E.S. 2000. Prospects for Sustainable Energy. A Critical Assessment. Published by Cambridge University Press. United Kingdom. Pp. 3 – 13.
- CMMAD 1992. Nuestro Futuro Común. Ed. Alianza Editorial. Madrid. Primera edición 1988, Segunda reimpression 1992. Pp. 67 -93, 235 -247, 405 – 413 y 423 – 425.
- Dalton, M. 2004. Breve Historia de Oaxaca. Ed. Fondo de Cultura Económica, Fondo Histórico de las Américas y El Colegio de México. México. 302 Pág.
- Díaz R., Y. 2001. Dimensión Espacial del crecimiento del istmo de Tehuantepec 1940-1995. Tesis de Licenciatura. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. Pág. 126.
- Elliott, D. 1997. Energy Society and Environment. Technology for a sustainable future. Routledge Introductions to Environment. Edited by Routledge, London & New York. Pp 137 – 140.

- Elliott, J.A. 1999. An Introduction to Sustainable Development. Routledge Introductions to Development Series. Editorial Routledge. London. Second Edition. Pág. 215.
- Enkerlin H., E.C., et. al. Editores. 1997. Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible. Ed. International Thomson Editores una Empresa de International Thomson Publishing. México. Pp.499 - 538
- EWEA 2002. Wind Force 12. A blueprint to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020. Edited by European Wind Energy Association and Greenpeace. 52 pág.
- García-Colín, S., L. y M. Bauer E. Coordinadores. 1996. Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable (El caso de México). Ed. El Colegio Nacional, Programa Universitario de Energía, UNAM. México. 291 pág.
- García G., M. 1987. Energía Eólica. Editorial Progensa. España. Pág. 96.
- Glender, A. y V. Lichtinger. Compiladores. 1994. La diplomacia ambiental. México y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Ed. Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Relaciones Exteriores. México. Pp. 365 – 423.
- Gonçalves, C. W. P. 2001. Geo-grafías, movimientos sociales, nuevas territorialidades y sustentabilidad. Ed. Siglo XXI. México, D.F. 298 pág.
- Goodland, R., et. al. Editores. 1994. Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el informe Brundtland. Ed. TM Editores, Ediciones Uniandes. Santafe de Bogotá, Colombia. Pp. 107 – 113.
- Jarabo, F., F; Elortegui, E., N. 2000. Energías Renovables. Ed. S.A.P.T. Publicaciones Técnicas, S.L. Segunda Edición 2000. Madrid. Pág. 292.
- Jardón U., J.J. 1995. Energía y Medio Ambiente: Una perspectiva económico-social. Ed. Plaza y Valdés S.A. de C.V. México. Pp. 247 – 255.
- Jardón U., J.J. 1997. Los procesos de regulación en Energía y Medio Ambiente. Experiencias nacionales e internacionales. Editorial Porrúa, S.A. de C.V. México. 263 pág.
- Jiménez H., L.M. 2000. Desarrollo Sostenible. Transición hacia la coevolución global. Ed. Pirámide, Colección Empresa y Gestión. Madrid, España. Pp. 27 – 63
- Kirkby, J.; O'Keefe, P.; Timberlake, L.I. Edited by. 1995. The Earthscan Reader in Sustainable Development. Ed. Earthscan Publications Ltd. London. Pp. 66-98.
- Leff, E. Coordinador (2002). Ética, Vida y Sustentabilidad. Ed. Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Red de Formación Ambiental para América Latina. México D.F. 331 pág.
- Lucena B., A. 1998. Energías alternativas y tradicionales. Sus problemas ambientales. TALASA Ediciones S.L. Madrid. Pág. 127.
- Masera, O.; Astier, M.; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación. Ed. Mundi-Prensa México S.A. de C.V., Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada, Instituto de Ecología. México. Pág. 103.

Muñoz, V., C.; González, M., A. C. Compiladores. 2000. Economía, Sociedad y Medio Ambiente. Reflexiones y avances hacia un desarrollo sustentable en México. Ed. SEMARNAT. México, D.F. Pp. 35 – 57.

Naciones Unidas. 2002. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo (Sudáfrica), 26 de Agosto a 4 de Septiembre de 2002. Ed. Naciones Unidas. Nueva York. Pág. 184.

OCDE, 1997. Desarrollo Sustentable. Estrategias de la OCDE para el Siglo XXI. Ed. OECD OCDE, Paris. Pp. 95 - 106

Patel, M. R. 1999. Wind And Solar Power Systems. Ed. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. 351 pág.

Ratto C. F. y G. Solari, Edited by. 1998. Proceeding of the international workshop on Wind energy and landscape- WEL/ Genova, Italy. 16-26 June 1997. A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield. Pp 85 – 141.

Saldívar, U., A. Coordinador. 1998. De la economía ambiental al desarrollo sustentable (Alternativas frente a la crisis de gestión ambiental). Ed. UNAM, Facultad de economía, Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA). México D.F. Pp. 123 - 146

Salinas C., E; Middleton., J. 1998. La ecología del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina. Ed. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Cuba. Pp. 1 – 19

SEMARNAP. 1997. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Ed. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México. Pág. 241.

Toledo, A. 1995. Geopolítica y Desarrollo en el Istmo de Tehuantepec. Ed. Centro de Ecología y Desarrollo A.C. México D.F. 265 pág.

Alcántar. G. Junio 1995. Central Eoloeléctrica La Venta. Viento en popa. Revista "Conexión". Año 1 Número 1. Comisión Federal de Electricidad (CFE). México, D.F. Pp. 12 – 17.

Huacuz, V. J.M. Septiembre-Octubre 1999. Energías renovables en la oferta energética nacional. Boletín IIE. Año 23, Volumen 23, Núm. 5. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). México D.F. Pp. 195 – 203.

Le Bert, G. Octubre 1996. Viento y Otras Fuentes alternas. Revista "Conexión". Año 2, Número 10. Comisión Federal de Electricidad (CFE). México, D.F.

Mendoza S. M. Junio 1998. La fuerza del sol y el viento se conjugan con la tecnología. Más luz para los mexicanos. Revista "Conexión". Año 4 Número 6. Comisión Federal de Electricidad (CFE). México, D.F. Pp. 6 – 11.

Septiembre-Octubre 1999. Energías renovables y ahorros de energía. Boletín IIE. Año 23, Volumen 23, Núm. 5. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). México D.F. Pp. 204 – 207.

CFE Memoria. Octubre 2000. 1^{er} Coloquio Internacional sobre oportunidades para el desarrollo Eoloeléctrico de la Ventosa, Oaxaca. Oaxaca, Oax. Editado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). México, D.F.

INEGI (1995). Cuaderno Estadístico Municipal de Juchitán de Zaragoza. Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México. Pp. 3 – 27 y 85 – 87.

INEGI (1991). Oaxaca, Datos por Ejido y Comunidad Agraria, XI Censo General de Población y Vivienda, 1990 y VII Censo Agropecuario, 1991. Tomo I. Edición 2003. Ed. INEGI. México. Pp. 9, 37, 234 y 262.

INEGI (1991). Oaxaca, Datos por Ejido y Comunidad Agraria, XI Censo General de Población y Vivienda, 1990 y VII Censo Agropecuario, 1991. Tomo II. Edición 2003. Ed. INEGI. México. Pp. 309, 337, 459 y 487.

INEGI (1995). Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca. Tomo único Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México. Pp. 54, 55, 166, 456, 471, 615.

INEGI (1999). Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca. Tomo I. Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México. Pp. 62, 63, 142 y 143.

INEGI (2000). Anuario Estadístico Oaxaca. Tomo I, Edición 2000. Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México.

INEGI (2003). Anuario Estadístico Oaxaca. Tomo I. Edición 2003. Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México. Pp. 82, 172, 193, 194, 207, 244, 337.

INEGI (2003). Anuario Estadístico Oaxaca. Tomo II. Edición 2003. Ed. INEGI, Gobierno del estado de Oaxaca. México. Pp. 783, 784, 851 - 853, 855 - 857, 879 y 951.