



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**"APORTACIONES DEL INGENIERO PARA
MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA EN
MÉXICO, UTILIZANDO LOS RECURSOS
EÓLICOS EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC. "**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.**

P R E S E N T A.

RODRÍGUEZ MOJICA EDUARDO.

ASESOR: ING. JESÚS NÚÑEZ VALADEZ.

NEZAHUALCÓYOTL, EDO. DE MÉX.

SEPTIEMBRE DEL 2011.





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



AGRADECIMIENTOS.

A la memoria de mi padre Ignacio Rodríguez Huazo que está halla con Dios.

A mi madre María Antonia Mojica Mendoza que me ha acompañado en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Francisco Javier, Blanca Estela, Araceli e Ignacio.

A mi sobrina Citlali por su apoyo, y por compartir conmigo su sabiduría.

A mi asesor el Ing. Jesús Núñez Valadez, agradezco su apoyo brindado, en el desarrollo del presente trabajo.

LAS PALABRAS.

Cuando soplan vientos de cambio, hay quienes construyen muros de protección, otros construyen molinos de viento.

Proverbio chino.

La imaginación es más importante que el conocimiento.

Albert Einstein.

La educación permite que a la gente se le pueda dirigir con facilidad, pero no se le puede obligar; la gente educada es fácil de gobernar, pero difícil de esclavizar.

Lord Brougham.

La educación empieza con la vida, y no acaba sino con la muerte.

José Martí.

El premio más noble de la ciencia consiste en el placer de ilustrar la ignorancia.

Saint-Pierre.

La educación es la preparación a la vida completa.

Spencer.

ÍNDICE.....	I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO I.	
ANTECEDENTES Y CAUSAS.	
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO.....	6
1.3 EL PROTOCOLO DE KIOTO.....	8
1.4 LA CUMBRE DE COPENHAGUE 2009.....	9
1.5 MERCADO DE BONOS DE CARBONO.....	10
1.5.1 La transacción de bonos de carbono.....	10
1.6 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	11
1.7 ANTECEDENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.....	11
1.8 INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	12
CAPÍTULO II.	
SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL.	
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO.....	14
2.2 UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.....	15
2.3 POTENCIAL EÓLICO EN MÉXICO.....	16
2.3.1 Producción independiente.....	16
2.4 PROYECTOS EÓLICOS EN MÉXICO.....	17
2.5 VENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	18
2.6 ENERGÍA EÓLICA.....	18
2.6.1 Parque eólico.....	19
CAPÍTULO III.	

GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO EL POTENCIAL EÓLICO.

3.1 APORTACIONES DEL INGENIERO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA.....	20
3.1.1 Energía eólica como fuente alterna de energía.....	20
3.1.2 Recomendaciones para el desarrollo sustentable.....	21
3.1.3 Obtención del resultado con la implementación de la eficiencia energética.....	21
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS EÓLICOS.....	22
3.3 DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LOS AEROGENERADORES EN MÉXICO.....	23
3.4 MEDICIÓN DEL RECURSO EÓLICO.....	26
3.5 LOS AEROGENERADORES.....	27
3.5.1 Aeroturbinas de eje horizontal.....	28
3.5.2 Aeroturbinas de eje vertical.....	29
3.6 DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE UN SISTEMA EÓLICO.....	29
3.6.1 Estimación de la cantidad de energía eléctrica que se puede producir.....	29
3.6.2 Evaluación del sitio.....	30
3.6.3 Campo requerido para la evaluación del sitio.....	31
3.6.4 Las características de un buen sitio, para la generación de energía con el viento.....	32
3.7 FÓRMULAS BÁSICAS.....	32
3.7.1 Las variaciones de la velocidad del viento con la altitud.....	32
3.7.2 Potencia.....	34
3.7.3 Velocidad del viento.....	34
3.7.4 Potencia del viento.....	34
3.7.5 La densidad del aire.....	34

CAPÍTULO IV.

SECTOR ENERGÉTICO, UNA VISIÓN HACIA EL AÑO 2025.

4.1 EL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO.....	36
---	----

4.2 SECTOR ENERGÍA, VISIÓN 2025 (ELECTRICIDAD).....	39
4.2.1 La estrategia nacional de energía (ENE).....	46
4.3 LAS PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.....	46
CONCLUSIONES.....	48
APÉNDICE.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	54

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Revolución Industrial, que tuvo lugar en la Gran Bretaña, en 1780, y fue consecuencia de la introducción de la máquina-herramienta movida por vapor, cambio de manera radical los sistemas de producción empezando por la industria de hilados y tejidos, a los años siguientes en el siglo XIX, dos fuentes energéticas habrían de revolucionar nuevamente las sociedades: el petróleo y la energía eléctrica.

Después de la Segunda Guerra Mundial la forma de producción en serie transformó la economía empresarial lo que se le llamo la modalidad taylorista-fordista-keynesiana (Fred W. Tylor, Henry Ford, John Maynard Keynes).

Si recordamos que en el año 540 a. de C. Tales de Mileto observó los fenómenos eléctricos al frotar una barra de ámbar con un paño, inició la era de la energía eléctrica que a través de los años el ser humano buscó la manera de almacenar esa energía eléctrica hasta fabricar plantas de generación de electricidad comercial, pero el empleo de los combustibles fósiles como el petróleo y el carbón utilizados para generar energía eléctrica, actualmente se están agotando a nivel global como es el caso del petróleo.

El petróleo como fuente de energía a través de los años ha recibido el nombre de "oro negro", por el precio en la bolsa de valores internacional con respecto a otros productos como los metales por ejemplo oro, aluminio, estaño y el papel moneda, dólar estadounidense, euro, libra esterlina.

En la industria del petróleo y sus procesos de refinación se obtienen diferentes derivados como son el diesel, gasolinas y otros hidrocarburos que son de mucha importancia tanto a nivel industrial como en la vida cotidiana.

En la llamada Sonda de Campeche específicamente Ciudad del Carmen, existe un complejo petrolero llamado Cantarell, que en algún momento fue considerado el yacimiento más importante del mundo, y que ahora esta a una década de consumirse, el subsuelo campechano aporta el 80 % del total de la producción petrolera en México.

En México la plataforma de producción de petróleo crudo se ubicó en 2.92 millones de barriles diarios en el mes de diciembre pasado. Un país como México para que pueda ser estable en su economía depende de factores como son el petróleo, comercio exterior, remesas y el turismo.

Y por si fuera poco, crece el número de países que enfrentan la dependencia del petróleo y de sus derivados como problema de seguridad nacional, trabajando a marchas forzadas en busca de fuentes de energías alternas y renovables, México en la actualidad utiliza esas fuentes para la generación de electricidad, como el caso de la energía eólica.

Sin embargo existe a nivel mundial el problema de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que ocasionan un incremento en la temperatura en el planeta, escasez de agua, además de la propagación de enfermedades.

De acuerdo con un informe de acción humanitaria de la (UNICEF), publicado en 2009, entre el 2005 y 2007 el organismo ha intervenido, anualmente, en alrededor de 276 situaciones de emergencia, de las cuales el 50 % se debieron a desastres naturales, siendo los grupos más vulnerables los adultos mayores, mujeres y niños, que son las personas más afectadas por los desastres climáticos.

También en los días pasados el desastre japonés originado por el terremoto y el tsunami podría significar un cambio brusco en la utilización de la energía generada por fisión (nuclear) en el futuro, que sin duda esta situación catastrófica tendrá efectos que repercutirán en la economía global en los próximos meses.

INTRODUCCIÓN.

México como cualquier país en el mundo, depende en gran medida de la electricidad para llevar a cabo la mayoría de sus actividades, la importancia de la energía eléctrica en la vida moderna es incuestionable. La buena marcha de la economía depende de un buen suministro continuo, regular y económico. Sin electricidad la industria, los servicios, el comercio y una buena parte del transporte se detendrían; hospitales, escuelas, universidades, centros de investigación, espacios culturales, cuarteles...funcionan gracias a la electricidad.

El petróleo sigue siendo el rey de la energía; su precio determina las cotizaciones de los demás energéticos; es el producto más consumido e intercambiado y su mercado cautivo es el transporte. Pero es sustituible y su participación en la oferta mundial baja. En cambio la electricidad se genera con cualquier fuente de energía, sus mercados cautivos son numerosos y cada día dependemos más de ella, sin embargo, mientras en otras naciones existen diversos proveedores, aquí es el Estado el único facultado para prestar servicio público de energía eléctrica. A pesar de todo es innegable la necesidad de mantener una industria eléctrica autosuficiente y competitiva en México.

En el sexenio pasado la Comisión Federal de Electricidad (CFE), era la empresa que generaba, transmitía, distribuía y comercializaba energía eléctrica para 20.6 millones de clientes, lo que representaba casi 80 millones de mexicanos, otros 5.5 millones de clientes eran atendidos por la extinta Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CL y FC), lo que llevaba a un acumulado de 26.1 millones de clientes.

Y el sector doméstico agrupaba el 88 % de los clientes, sus ventas representaban la cuarta parte de las ventas directas al público. En el año 2007 la (CFE), tenía una capacidad instalada de 51,029 MW. Y el porcentaje era el siguiente:

Combustión interna 0.4 %, Carboeléctrica 9.2 %, Geotermoeléctrica y Eólica 2.1%, Nucleoeléctrica 2.7 %, Hidroeléctrica 22.2 %, Termoeléctrica convencional 25.2 %, Ciclo combinado (CFE) 10.6 %, Ciclo combinado PIE (Producción Independiente de Energía) 22.5 %, Turbogás 5.1 %.

Sin embargo de los 51,029 MW de la capacidad instalada que posee (CFE), 12,246.96 MW equivalentes al 24.30 % corresponden a energías renovables.

En el programa de requerimientos de capacidad eléctrica 2006-2016 los proyectos eólicos Oaxaca I con energía eólica son 101 MW, y el proyecto Oaxaca II, III y IV es de 304 MW que sumados dan un total de 405 MW.

El sector eléctrico presenta grandes oportunidades, sin embargo aquellos que quieran participar en esta industria en el futuro tendrán que hacer una inversión muy importante en educación, capacitación, investigación y desarrollo.

El futuro está en agregar valor de forma diferenciada, nuevas tecnologías, aplicaciones, servicios y soluciones harán la diferencia. En Oaxaca el proyecto de energía eólica, que es importante recalcar no solo atenderá al consumo nacional, sino que también se exportará energía a Estados Unidos de América y a Centroamérica debido a la riqueza de los vientos que genera la Sierra Oaxaqueña.

El enfoque del siglo XXI en el rendimiento energético no es nuevo, pero el énfasis en las consecuencias de pérdida de energía y el abuso de los combustibles fósiles para producir energía está al frente de la agenda industrial de cada nación. El cambio climático se considera como un costo perjudicial para la raza humana. Cuando pensamos en el medio ambiente y su relación con la energía, la tendencia natural es mirar al dióxido de carbono (CO₂), como consecuencia de generar energía.

Atendiendo a lo anterior, es necesario hacer un análisis de los efectos del calentamiento global y su impacto en nuestro medio ambiente, por lo que, el presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se aborda el tema relacionado con los antecedentes, causas y con la problemática que estamos viviendo.

En el segundo capítulo se expone el tema de la situación actual del Sector Eléctrico Nacional y la generación de la electricidad impulsada por el desarrollo de la energía limpia como la eólica.

En el tercer capítulo se establecen las aportaciones más importantes de la ingeniería para ayudar a lograr una eficiencia energética más confiable y menos costosa a través del empleo del recurso eólico en la zona del Istmo de Tehuantepec.

En el capítulo cuatro se habla acerca de las perspectivas hacia el futuro, de acuerdo a la Estrategia Nacional de Energía año 2025.

OBJETIVOS.

El objetivo general de la presente tesis es el siguiente:

. Difundir la información referente a la industria eléctrica en base a la energía eólica, para aprovechar dichos conocimientos en el sector industrial y en los centros de enseñanza superior.

Objetivos específicos.

. Explicar las principales consecuencias debido al cambio climático, así como sus repercusiones.

. Analizar los principales problemas en la actualidad del sector eléctrico nacional, así como una visión política-económica de acuerdo al artículo 27 constitucional.

. Conocer las ventajas y desventajas de la energía eléctrica producida por el aire.

. Identificar de acuerdo a los aspectos de la geografía física: localización y territorio, las regiones eólicas en el Istmo de Tehuantepec.

. Describir los principales indicadores del crecimiento y desarrollo del país, en cuestión eléctrica.

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES Y CAUSAS.

1.1 CAMBIO CLIMÁTICO.

Podemos definir el fenómeno como una modificación al clima, tanto natural como humana, a una escala global y respecto a un historial de registros.

Se puede percibir y medir en diversos parámetros como la nubosidad, la precipitación, la temperatura, la sequía y los fenómenos destructivos como huracanes o frentes fríos.

La (O.N.U), definió puntualmente el cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y se suma a la variabilidad natural del clima observada en periodos de tiempo comparables (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático). Existen muchas variables que definen al clima en una zona y en nuestro planeta, estas van desde la órbita terrestre, la emisión de energía irregular del sol, erupciones volcánicas y otras naturales. Muchos investigadores han desestimado la actividad humana y han dado a estos fenómenos un peso preponderante con el cambio climático. Lo cierto es que ni todos estos fenómenos juntos explican el total de las variaciones.

La inmensa mayoría de la comunidad científica mundial está de acuerdo en que este fenómeno se debe al cambio en las concentraciones de ciertos gases conocidos como de efecto invernadero sobre la atmosfera terrestre. Estos gases son en su gran mayoría, emitidos debido a la creciente actividad humana.

El ciclo natural por el cual la energía solar calienta la tierra implica una reflexión de calor como energía infrarroja; esta frase se ve interrumpida por la absorción de los rayos ya mencionados gases de efecto invernadero, provocando una elevación de la temperatura. Este efecto se da naturalmente, de hecho permite que se desarrolle la vida en la tierra. Tal como un invernadero común, permite que la temperatura media de la tierra sea de 15° C. Sin el efecto invernadero natural, los científicos calculan que la temperatura de la tierra podría ser hasta de -18°C. Dado que este efecto se ha demostrado que se intensifica con la actividad humana podemos dividir el efecto invernadero en natural y en antropogénico.

1.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO.

Una de las consecuencias más importantes de nuestra explotación de los recursos naturales, es que la humanidad ha alterado el equilibrio de algunos ciclos geoquímicos naturales. Hay cinco grandes almacenamientos de compuestos en la superficie: 1) el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera; 2) el carbono contenido en las células de las plantas y animales (biomasa); 3) la materia orgánica contenida en los sedimentos y rocas sedimentarias, entre las que se encuentran el

petróleo, el gas y el carbón; 4) el dióxido de carbono disuelto en los océanos; y 5) el carbono contenido en conchas, calizas, y mármoles como carbonato de calcio (CaCO₃).

Fuente: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, Grupo de Trabajo II.
Fotos: AP, Getty Images
Ilustración: ©Graphic News.

Impacto del Cambio Climático

Científicos advierten que el cambio climático está en una etapa tan avanzada que se han vuelto inevitables sus daños. Las acciones para limitar su impacto ahora se reducen tan sólo a elegir si esos daños pueden ser moderados o severos. Mientras algunas áreas del planeta se pueden beneficiar a corto plazo con dichas acciones, la gente más pobre del mundo será la más afectada por la malnutrición y muerte.



Ilustración 1.1. Principales afectaciones por el incremento de la temperatura relacionadas al cambio climático.

Los flujos de carbono entre los cinco grandes almacenamientos están sometidos a un delicado equilibrio, de forma tal que en una escala temporal de miles de años, el sistema permanece en desequilibrio. La interferencia humana en el ciclo geoquímico del carbono se produce por la retirada rápida del carbono orgánico (en forma de combustibles fósiles) de las rocas sedimentarias, y la conversión de este carbono en (CO₂) por combustión. Con el tiempo, a medida que esta combustión progresa, los demás almacenamientos y los flujos se reajustan, y el sistema busca siempre un nuevo equilibrio pero el ritmo del reajuste es lento cuando se considera en términos de la duración de la vida humana. Visto desde nuestra perspectiva, el contenido de (CO₂) de la atmósfera aumenta de forma lenta pero continua. Como el (CO₂) juega un papel esencial en las propiedades térmicas de la atmósfera puede ocasionar cambios graduales en las temperaturas de la superficie terrestre y en otros ciclos geoquímicos. Por ejemplo, los cambios climáticos pueden alterar el nivel de la disponibilidad de agua pueden, a su vez, afectar al uso de los suelos y al crecimiento de las cosechas (Ilustración 1.1).

1.3 EL PROTOCOLO DE KYOTO.

El protocolo de Kyoto (PK) es un instrumento internacional que tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases que provocan calentamiento global. Se trata del dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (CHF₃, CHF₂CF₃, CH₂FCF₃, CH₃CHF₂), perfluorocarbonos (CF₄, C₂F₆, SF₆) y hexafluro de azufre (SF₆).

Gas de Efecto Invernadero	Símbolo Químico	Potencial de Calentamiento Atmosférico
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido Nitroso	N ₂ O	310
Hidrofluorocarbonos	CHF ₃	11,700
	CHF ₂ CF ₃	2,800
	CH ₂ FCF ₃	1,300
Perfluorocarbonos	CH ₃ CHF ₂	140
	CF ₄	6,500
Hexafluoro Azufre	C ₂ F ₆	9,200
	SF ₆	23,900

Tabla 1.1. Los gases de efecto invernadero son los causantes del calentamiento atmosférico, por lo cual son altamente perjudiciales para el medio ambiente.

La intención es disminuir 5% la cantidad de estos contaminantes en la atmósfera en el periodo que va del año 2008 al 2012, en comparación de las emisiones registradas en 1990. Sin embargo, no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

El Protocolo de Kioto (PK) se encuentra dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de la reunión conocida como la Cumbre de la tierra de Río de Janeiro.

El concepto de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) surge a partir de que el Protocolo de Kioto (PK), en la Tabla 1.1 se detallan los gases a observar y su potencial de calentamiento atmosférico. Una vez identificados se consideró ubicar las fuentes generadoras y la cantidad que emitían, así como su capacidad para permanecer alojados en la atmósfera y calentarla.

Los países anexos al Protocolo de Kioto son: Alemania, Australia, Austria, Bielorrusia, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Federación Rusa, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa, Rumania, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Comunidad Económica Europea.

1.4 LA CUMBRE DE COPENHAGUE 2009.

En diciembre del 2009 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Copenhague en Dinamarca, donde todas las naciones acordaron metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y se discutieron los mecanismos para contrarrestar los efectos del cambio climático. La participación de México fue importante, incluso Felipe Calderón se comprometió a reducir 50 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) a finales del 2012. Pero, Estados Unidos de América no firmó el Protocolo de Kyoto y China (Tabla 1.2).

Brasil, Indonesia e India, incluso México, por ser países en desarrollo no estaban obligados a reducir sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Para contrarrestar estos hechos científicos y gobiernos se reunieron en la COP (Conferencia de las Partes), para analizar las propuestas de acción que ayudaran a mejorar el panorama climático y ambiental del mundo. La edición 16 de la Conferencia se llevó a cabo en Cancún, Quintana Roo, México, del 29 de noviembre al 10 de diciembre del 2010.

EMISORES DE GEI EN EL MUNDO				
(MtCO₂e)				
País	Emisiones 2000	% total mundial	Tons. CO₂ Habitante	Emisiones 1950-2000
EU	6,468	15.65	22.90	186,706
China	4,915	11.89	3.90	110,675
UE	4,721	11.42	10.40	176,578
Indonesia	3,067	7.42	14.90	80,332
Brasil	2,221	5.37	12.80	68,388
Rusia	1,969	4.77	13.50	90,959
India	1,848	4.47	1.80	17,580
Japón	1,355	3.28	10.70	42,353
Alemania	1,013	2.45	12.30	47,521
Malasia	855	2.07	37.20	22,286
Canadá	748	1.81	24.30	22,624
Reino Unido	657	1.59	11.00	29,737
México	622	1.51	6.40	13,693

Tabla 1.2. Estados Unidos de América y China son los países que globalmente contaminan con porcentaje altos y estos mismos se han negado a firmar los acuerdos internacionales para la reducción de emisiones de (CO₂) dióxido de carbono.

Es así que una de las opciones de energías limpias y renovables que durante las últimas dos décadas ha obtenido un impulso y auge considerable, en parte gracias a los compromisos adquiridos durante las (COP), es la generación eléctrica mediante el uso del viento, conocida como eólica. Gracias a que en sus procesos no se hace uso de la quema de carbón, emitiendo cero partículas de dióxido de carbono (CO₂), las amenazas a la salud disminuyen y benefician un equilibrio para el desarrollo sustentable del medio ambiente durante los años venideros.

1.5 MERCADO DE BONOS DE CARBONO.

El término se refiere a una iniciativa internacional para reducir las emisiones de contaminantes en el ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos por el Protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global y efecto invernadero (GEI o Gases de Efecto Invernadero).

El sistema ofrece incentivos económicos a las empresas privadas que contribuyen a la mejora de calidad ambiental y consigan regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir dióxido de carbono (CO₂) como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado.

1.5.1 Transacción de bonos de carbono.

Un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono (CO₂), permite mitigar la generación de gases invernadero y a la vez beneficiar a las empresas que disminuyen o tienen emisiones nulas de contaminantes, así como cobrar a las que emiten más de lo permitido. Mientras

algunos llaman a los bonos de carbono “ mecanismo de descontaminación”, este concepto es erróneo dado que han sido ideados para reducir los elevados niveles de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, puesto que este gas en cantidades óptimas no es contaminante sino la base fundamental de la vida vegetal y, por tanto, de la animal sobre el planeta. Sin dióxido de carbono (CO₂), no existiría la vida en la tierra.

1.6 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA EÓLICA.

La energía eólica para obtener trabajo y con él, energía eléctrica es el recurso más antiguo que actualmente configura una de las energías renovables. Quizá inspirados en los molinos de viento que durante siglos facilitaron la molienda del grano e identificaban los lugares elevados por los que circulaba aire a velocidades más altas las que después serían definidas como zonas con propiedades eólicas los aerogeneradores aprovechan las corrientes de aire para obtener energía eléctrica con muy diferentes fines.

A finales del siglo XIX, el francés Paul La Cour construyó un primitivo aerogenerador siguiendo los pasos de Lord Kelvin y ofreció las primeras ecuaciones que demostraban su funcionamiento físico, dando lugar con ello al surgimiento de una nueva tecnología en el diseño de aerogeneradores para aprovechamiento de los recursos eólicos naturales. La respuesta en la industria no se hizo esperar; a principios del siglo XX, Dinamarca era ya el primer productor europeo de electricidad de este origen, con 30 MW instalados, lo que representaba el 25% de sus necesidades de energía, empleando para ello miles de aerogeneradores industriales y domésticos. En los años veinte, en Francia, ya se construyen grandes aerogeneradores con potencias superiores a 1MW y diámetro de pala de 65 metros o más.

1.7 ANTECEDENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.

Desde 1994, con la puesta en marcha de “La Venta I” en La Ventosa región del Istmo de Tehuantepec en el municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, se comenzó a dar un uso público a la generación por mecanismos eólicos, suministrando apenas 1.6 MW de electricidad

Esta parte de Oaxaca es conocida por ser uno de los puntos del planeta donde mayores corrientes de aire que se producen, por eso la mayoría de los campos eólicos del país se establecen en dicho estado.

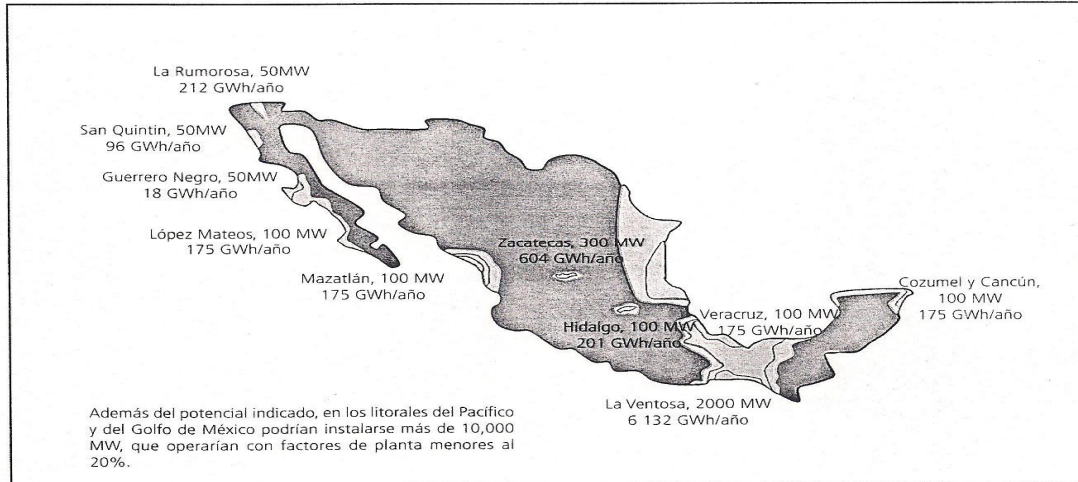


Ilustración 1.2. Muestra las principales regiones con potencial eólico en México.

La Ventosa proporciona a la red eléctrica nacional 6,570 MW/H (Megawatts hora) anuales (Ilustración 1.2), según estimaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), su uso pudiera potenciarse con instalaciones eólicas en los estados de Quintana Roo y Zacatecas, donde también hay importantes corrientes de aire.

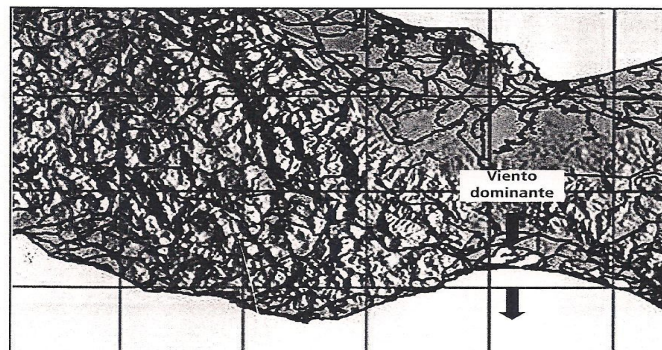


Ilustración 1.3. Orografía del Istmo de Tehuantepec.

1.8 INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA.

Su principal desventaja es que el viento es intermitente en la mayoría de los lugares, lo cual la convierte en una fuente inconveniente para proveer la carga base de la energía, durante periodos de demanda máxima. Como resultado, el despliegue sustancial de la energía eólica para la generación de energía requerirían reservas energéticas sustanciales, provenientes de otras fuentes de energía o grandes cantidades de capacidad de almacenamiento de electricidad. Se han sugerido muchas tecnologías para este propósito, pero están en la etapa de investigación y desarrollo o no han sido probadas a niveles comerciales de operación. Otra desventaja es que muchos de los mejores lugares para desarrollar

la energía eólica no están cerca de los centros de mayor población y, por lo tanto, requerirán un desarrollo de infraestructura significativo y de una red de transmisión adecuada.

Un factor que retrasa un crecimiento más rápido en la energía eólica ha sido el suministro de la producción de las turbinas de viento. Muchas personas encuentran los parques eólicos estéticamente poco atractivos. El siguiente paso es aumentar la producción de parques eólicos marinos.

La energía eólica es muy atractiva dentro de ciertos límites, y para ciertas zonas con mucho viento, se puede generar electricidad con una afectación baja al ecosistema, pero no hay muchas zonas en el mundo que tengan suficiente viento.

En el aspecto técnico los aerogeneradores su fabricación no es nacional, por ejemplo Japón interviene en el mercado con la empresa (Mitsubishi)), con diferentes componentes para la industria eólica.

El mantenimiento es importante, para superar las condiciones más exigentes incluyendo altas temperaturas, carga pesada, la lubricación de la transmisión debe realizarse para mantener operando a las turbinas eólicas.

CAPÍTULO II.

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ENERGÉTICO NACIONAL.

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR ELÉCTRICO.

En el año 2000 en México la infraestructura de generación de energía eléctrica ascendía a casi 39 GW de capacidad, con la que en 1999 se generaron 192 TWh de electricidad. El 94.6 % de las viviendas (94.3 % de la población) disponía de energía eléctrica.

En la actualidad hay todavía un rezago importante en la cobertura del servicio en el medio rural, debido a que resulta extremadamente caro usar la red de transmisión para llevar energía eléctrica a comunidades con pocos habitantes y geográficamente dispersas.

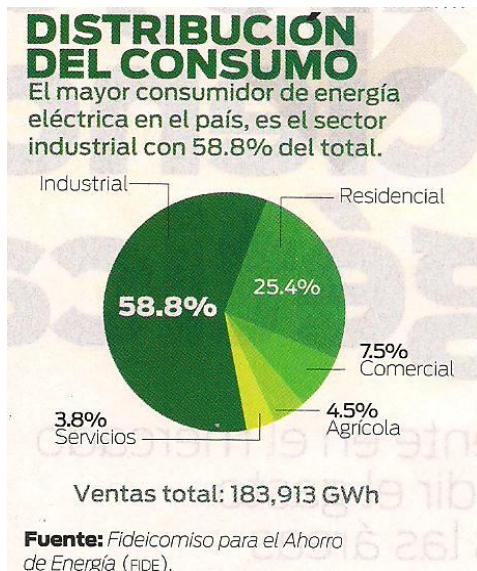
Al asumir el Estado la rectoría de la industria eléctrica en 1937, con la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se implementaron políticas sociales sobre este tema que, en muy poco tiempo, convirtieron a la empresa en una entidad con altos índices de déficit presupuestal, con costos elevados de producción y servicio ineficiente en términos de calidad. Con la nacionalización de la industria eléctrica, en 1960, se dio lugar al surgimiento de un Sistema Eléctrico Nacional, con la integración del sector privado a los procesos que comprenden: autoestablecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, exportación e importación, conectados a una red que les permite participar en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica del país.

De 1997 a 2007, la generación de energía eléctrica en el país ha aumentado en promedio 4.1 % anual.

De este porcentaje, la generación eléctrica del sector privado ha sido superior a la producción del propio sector público en 39.1 por ciento.

La capacidad instalada en México, en términos de producción de energía eléctrica, durante 2007 se ubicó en 59 mil 008 MW, de los que 65.1 % le correspondió a la (CFE), 19.4 % a la producción independiente, 5.9 % al autoabastecimiento y 2 % a (CL y FC), no obstante que esta última tenía a su cargo una zona geográfica de alto consumo.

No deja de ser significativo que las empresas concesionarias de producción independiente sigan creciendo en este sector, tomando en cuenta que el autoabastecimiento y la cogeneración se generara la mayor cantidad de energía entre los permisionarios, con alrededor de 18 mil 720 MW, lo que ha favorecido la expansión del sector eléctrico en los últimos años, ateniendo la demanda creciente del servicio, la cual se estima que en los 10 años próximos se incrementará 3.3 % por año (Gráfico 2.1 a) y b)).



a)



b)

Gráfico 2.1. a) Ventas totales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), b) Número de usuarios de energía eléctrica en México.

2.2 UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

De manera similar a lo que sucede en otros países con nivel económico similar al de México, la mayor parte del consumo de energía eléctrica el 60 % en 1999, lo realizó la industria.

Con las cifras reportadas en 1999, el consumo residencial por habitante fue de 348 kwh, con una tendencia creciente del 3.7 % promedio anual entre 1990 y 1999.

Un consumo residencial medio de 348 kwh, corresponde a una vivienda con tres focos de 60 watts encendidos 7 horas diarias, en promedio con un televisor de 250 watts prendido también del orden de 7 horas diarias y otros enseres domésticos (planchas, radio y licuadora).

En la actualidad la (CFE) enfrenta una serie de deficiencias que se manifiestan en la pérdida de 12% de la energía que se genera, como resultado de la expansión del comercio informal, el establecimiento de asentamientos humanos irregulares, la evasión del pago del consumo de la energía eléctrica, entre otros.

Lo anterior ocasiona que las finanzas del organismo sean insuficientes para equilibrar los costos de operación, producción y distribución, lo que hace necesaria la transferencia de recursos (subsídios) para cubrir su déficit, que podría llegar a 15 % en los próximos años de no tomarse las medidas correctas.

2.3 POTENCIAL EÓLICO EN MÉXICO.

La energía eólica es una de las opciones más viables y más notables para el medio ambiente. Aunque actualmente la inversión económica para parques eólicos es muy alta, aunado a que la tecnología sigue siendo de importación para México, la eólica es al mismo tiempo una solución y una opción para el desarrollo sostenible. Por un lado hace posible que el desarrollo de sostenibilidad y, por otro, es una importante fuente que no contribuye a la contaminación del aire ni origina daños al ambiente. Es un recurso cuyo rendimiento en cuanto a costo-beneficio es muy atractivo. De hecho, la energía eólica ha sido la fuente de energía de mayor crecimiento en todo el mundo en la última década.

La región del Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, es un sitio excepcional con respecto al potencial eólico.

La Dirección de Energía Sustentable y Proyectos Estratégicos del Estado de Oaxaca dieron como resultado en el Atlas de Recursos Eólicos – realizados en el mes de abril del 2003- arrojaron un potencial en el Istmo de 29 mil MW instalables, con vientos excedentes del 1 a 7 que son los máximos en la escala mundial.

Actualmente en el Istmo se trabaja con figuras creadas ex profeso, con el fin de aumentar la oferta de energía eléctrica y de esta manera satisfacer la demanda creciente de la población. Entre ellas destacan: a) Recursos fiscales y Obra Pública Financiada (OPF), b) Autoabastecimiento: Generación de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales. Se produce electricidad y otro lo paga, con un pago a la (CFE) por porteo.

2.3.1 Producción independiente.

Es la generación de energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad. Estos proyectos deben tener una capacidad mayor a 30 MW y estar incluidos en la planeación y programas respectivos de la (CFE). Es un contrato exclusivo de compraventa (PPA), a largo plazo, con la (CFE).

Por ejemplo, el primer parque en la modalidad de Productor Independiente de energía (IPP), que inicio su operación el año pasado 2010 fue La Venta III, posteriormente seguirá en esta modalidad Oaxaca I. Alguno de estos parques eólicos se llamará Parque del Bicentenario. La estructura básica de los contratos (IPP), consiste en un contrato otorgado a la mejor oferta en términos del precio nivelado de energía más bajo, tomando en cuenta inversión y eficiencia de la planta. En esto, el financiamiento del proyecto es sólo la responsabilidad del contratista. El objetivo del contrato es proveer a la (CFE) de derechos exclusivos sobre la capacidad contra un acuerdo de pagos por un periodo de 25 años. Mientras que las obligaciones de la (CFE) se pagan con las ganancias generales fiscales.

En trabajo con los ejidatarios, dueños de la tierra en Istmo, hay dos esquemas dependiendo del contrato: donde reciben un pago variable en función de la generación de la planta de viento.

Por otra parte los ejidatarios reciben un promedio de 6 mil pesos anuales por hectárea. Este es un cultivo extra, ya que en la temporada en que se genera energía con el potencial eólico es en el invierno y en esta época no hay un beneficio agrónomo que pueda cultivarse debido a los fuertes vientos, los cuales se han convertido ya en un cultivo de invierno.

2.4 PROYECTOS EÓLICOS EN MÉXICO.

Los proyectos eólicos en México son de mucha importancia para la generación en energía eléctrica, utilizando la fuerza del aire (energía cinética) para hacer funcionar los aerogeneradores, actualmente los proyectos se dividen en tres categorías: Proyectos eólicos en operación, proyectos eólicos bajo construcción y proyectos eólicos en desarrollo (Tabla 2.1).

PROYECTOS EÓLICOS EN MÉXICO						
PROYECTOS EÓLICOS EN OPERACIÓN						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
La Venta	Oaxaca	OPF	CFE	Vestas	1994	1.6
La Venta II	Oaxaca	OPF	CFE	Gamesa	2006	83.3
Parques Ecológicos de México	Oaxaca	Autoabastecimiento	Iberdrola	Gamesa	2009	79.9
Eurus, 1st Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2009	37.5
Eurus, 2nd Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	Acciona	2010	212.5
Gobierno de Baja California	Baja California	OPF	GBC/ Turbo Power Services	Gamesa	2010	10
Bii Nee Stipa I	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa-Gamesa	Gamesa	2010	26.35
La Mata - La Ventosa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Electrica del Valle de México (EDF-EN)	Cliper	2010	67.5
						518.63
PROYECTOS EÓLICOS BAJO CONSTRUCCIÓN						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2010-2011	50
La Venta III	Oaxaca	PIE	CFE/Iberdrola	Gamesa	2011	101
Oaxaca II, III y IV	Oaxaca	PIE	CFE/Acciona	Acciona	2011-2012	304.2
Oaxaca I	Oaxaca	PIE	CFE/EYRA	Vestas	2010	101
Los Vergeles	Tamaulipas	Autoabastecimiento	GSEER	Siemens	2010-2011	161
						717.2
PROYECTOS EÓLICOS EN DESARROLLO						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Vientos del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	Por Definir	2011-2014	395.9
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	Clipper	2011-2012	30
Bii Hioxio	Oaxaca	Autoabastecimiento	Unión Fenosa	Por Definir	2011-2014	227.5
Bii Stinú	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Istmo (Eolia)	Por Definir	2011-2013	164
Santo Domingo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Pacífico (Eolia)	Por Definir	2011-2014	160
Bii Nee Stipa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa-Gamesa	Gamesa	2011-2014	288
Desarrollo Eólicos Mexicanos	Oaxaca	Autoabastecimiento	Renovalia	Por Definir	2011-2014	227.5
Unión Fenosa	Baja California	Exportación	Gas Natural/Unión Fenosa	Por Definir	2011-2014	400
Sempre	Baja California	Exportación	Sempre	Por Definir	2011-2014	1200
Fuerza Eolica	Baja California	Exportación	Fuerza Eolica	Por Definir	2011-2014	1400
						3,492.9
						TOTAL MW 4,728.7

OPF: Obra Pública Financiada
FOC: Fecha de Operación Comercial
PIE: Productor Independiente de Energía

Tabla 2.1. Proyectos eólicos en México (No incluyen los proyectos en desarrollo del mes Octubre del 2010 a la fecha actual).

2.5 VENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA.

- a) Es un tipo de energía renovable, ya que tiene su origen en procesos atmosféricos debido a la energía que llega a la tierra procedente del sol.
- b) Es una energía limpia, ya que no se produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.
- c) No requiere una combustión que emita dióxido de carbono (CO₂), por lo que, no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático.
- d) Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines, por ejemplo en zonas desérticas, próximas a la costa, en laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables.
- e) Puede convivir con otros usos de suelo, por ejemplo; prados para uso ganadero o cultivos bajos como el trigo, maíz, papas, remolacha. Crea un elevado número de puestos de trabajo en las plantas de ensamble y las zonas de instalación.
- f) Su instalación es rápida, entre seis meses y un año.
- g) Su inclusión en un sistema interligado permite, cuando las condiciones del viento son adecuadas, ahorrar combustible en las centrales térmicas y agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.
- h) Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite la autoalimentación de viviendas, terminando así con la necesidad de conectarse a redes de suministro, pudiendo lograrse autonomías superiores a las 82 horas, sin alimentación desde ninguno de los 2 sistemas.
- i) Posibilidad de construir parques eólicos en el mar, donde el viento es más fuerte, más constante y el impacto social es menor, aunque aumentan los costos de instalación y mantenimiento.

2.6 ENERGÍA EÓLICA.

Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

El término eólico viene del latín Aeolicus, relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

2.6.1 Parque eólico.

Corresponden a las zonas rurales en las que se instala un elevado número de aerogeneradores de gran potencia con fines industriales, ya que la energía eléctrica producida tiene como destino las redes públicas de distribución de electricidad. Son parques cuya propiedad es de las compañías productoras de electricidad, o de otras similares con fines de venta de su producto a las primeras.

La finalidad principal de estos parques, que cuentan con apoyo de organismos oficiales, es de naturaleza medioambiental; para reducir el consumo del petróleo y con ello la reducción de dióxido de carbono (CO₂) (Ilustración 2.1).

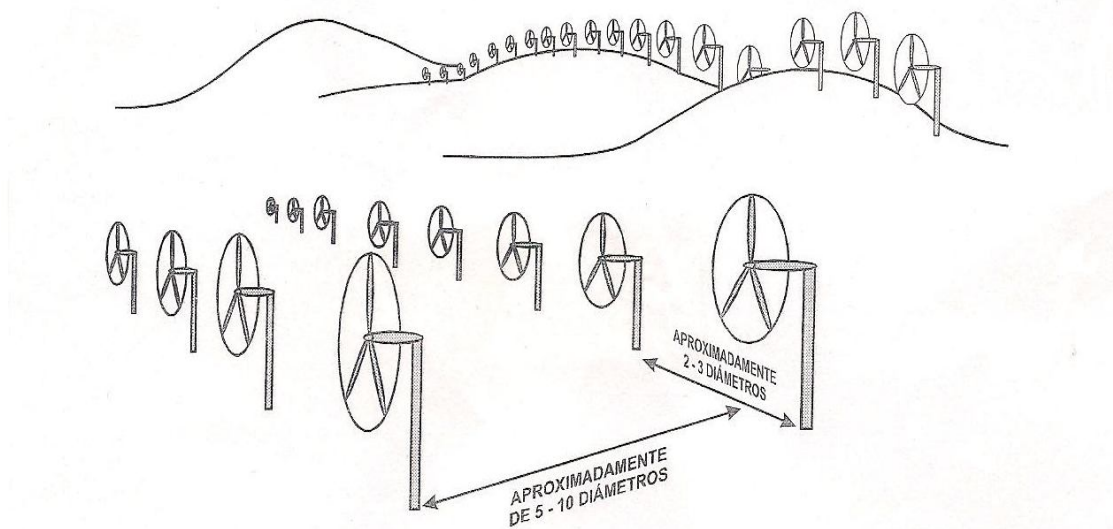


Ilustración 2.1. La localización de las turbinas de viento depende de algunos factores que incluyen el diseño de las turbinas, el terreno y las condiciones locales del viento.

CAPÍTULO III.

GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, UTILIZANDO EL POTENCIAL EÓLICO.

3.1 APORTACIONES DEL INGENIERO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ELÉCTRICA.

Podemos definir el concepto de eficiencia:

La relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada. De ahí extender nuestra definición, a la manera de “consumir la energía de mejor manera posible con ausencia de desperdicio“, y el mejoramiento de nuestra infraestructura de modo que uno consuma menos energía.

La eficiencia energética está dividida en dos variantes la sustentabilidad y responsabilidad, en los acuerdos internacionales. Uno de los objetivos principales es la disminución del (CO₂) dióxido de carbono que ocasiona el efecto invernadero, sin embargo, en el enfoque interno, se basa en el proceso de reducir la dependencia de combustibles fósiles.

3.1.1 Energía eólica como fuente alterna de energía.

La energía eólica es la producida por el viento (Ilustración 3.1), pero de igual forma, esta energía requiere condiciones particulares climáticas y geográficas, respectivamente, para implantarse de forma efectiva y eficaz.

En la actualidad, es la energía verde la que más crecimiento ha tenido, debido a su bajo costo de producción, en donde aerogeneradores o turbinas de viento son utilizados, para generar corriente eléctrica. En su caso, los aerogeneradores tienen tres aspas, de entre 20 y 25 metros de altura, que se conectan a un eje común, y un rotor unido a este eje. Así, cuando el viento acciona y mueve las aspas, se activa el generador eléctrico, convirtiendo la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.



Ilustración 3.1. Campo eólico.

3.1.2 Recomendaciones para un desarrollo sustentable.

Para promover el progreso económico de nuestra nación, para un modelo de desarrollo sustentable, debemos considerar:

- A) Usar fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actuales se agotarán en algún momento
- B) Usar energías limpias.
- C) Disminuir la demanda de energía mediante el uso de dispositivos eficientes.
- D) Reducir el consumo energético innecesario. No solo hablamos de ser más eficientes, sino de consumir menos, pero adoptando una conciencia y cultura de ahorro de energía.
- E) Promover la autogeneración de energía en hogares y comercios, aprovechando los techos para instalar paneles fotovoltaicos o aerogeneradores.

3.1.3 Obtención del resultado con la implementación de la eficiencia energética.

La eficiencia energética ya no será solo la obtención de un resultado (un determinado proceso, producto, de la realización de un servicio, etcétera), para minimizar el consumo de la energía; sino que contribuiremos en su mejora de la calidad y la disminución de la huella del carbono.

3. 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS EÓLICOS.

Los vientos ocurren por diferencias de presión generadas por un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, desplazándose grandes masas de aire de las zonas de alta presión a las de baja. Aproximadamente el 2 % del calor del sol que llega a la tierra se convierte en energía cinética (3.5×10^{12} Kw.), de esta solo una fracción muy pequeña puede ser aprovechada ya que buena parte de estos vientos ocurren a grandes alturas o sobre los océanos, mar adentro. Las velocidades del viento promedio van de 0.25 m/s para los lugares con muy baja incidencia de viento hasta los 10 y 12.5 m/s para los más altos.

Los factores más importantes que determinan el comportamiento del viento son: la radiación solar y la rotación de la tierra. Las variaciones estacionales son debidas al ángulo de inclinación del eje relativo de la tierra y por lo tanto su posición con respecto al sol. Esto es lo que rige el comportamiento a nivel macro y de ahí se puede estimar algunos sitios como los mas probables ventosos como los hemisferios y sus locaciones cercanas.

Los factores que determinan el comportamiento de los vientos a nivel micro son la topografía del lugar, altura, fricción sobre la superficie, montañas, diferencias de temperaturas entre el día y la noche.

Por limitaciones de tipo tecnológico, solo los vientos que fluyan sobre los primeros 150 m son aprovechables, de los vientos disponibles solo una fracción puede ser convertida en energía útil, según La Ley del físico Alemán Albert Betz 1919, el límite teórico es de 59 %.

Debe considerarse que el contenido energético del viento es mayor cuanto mayor sea la altura, (debido al efecto de rugosidad del terreno).

Para cada lugar, la velocidad el viento es una variable aleatoria que corresponde a una serie en el tiempo con variaciones estacionales, variaciones cíclicas diarias e importantes variaciones debidas a turbulencias atmosféricas. Por lo anterior al predecir al 100 % el comportamiento del viento es prácticamente imposible, aunque sí posible asumir ciertos valores, pero esto solo será cuando su base ha adquirido experiencia y sensibilidad al respecto y la información obtenida será meramente cualitativa.

En México ha habido muy poca recolección sistemática y ordenada de información del recurso eólico, por lo que la información se refiere a observaciones puntuales que solo dan una idea del potencial eólico pero es sumamente relativo.

En 1979 se desarrolló un Atlas eólico del México el cual indicaba la potencia media anual disponible en W/m^2 . Con la información actual existente, y las observaciones propias se concluye que se conocía muy poco sobre el recurso eólico de México y aún falta mucho por evaluar. Los datos obtenidos por algunas instituciones, empresas y universidades se mantienen sin difusión y por ende sin

análisis adecuado. A pesar de todo se cuenta con un atlas preliminar de la (U.N.A.M) el cual da una idea muy general del potencial eólico.

3.3 DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LOS AEROGENERADORES EN MÉXICO.

En México, el desarrollo de la tecnología de conversión de energía eólica a electricidad, se inició con un programa de aprovechamiento de la energía eólica en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en febrero de 1977, cuando la Gerencia General de Operación de Comisión Federal de Electricidad, cedió al (IIE) la Estación Experimental Eoloeléctrica de El Gavillero, en las cercanías de Huichapan, Hidalgo, donde se pretendía energizar el ejido ya electrificado y con servicio, a partir de una microcentral eólica, integrada por dos aerogeneradores australianos Dunlite de 2 KW. cada uno, un banco de baterías, y un inversor de 6 KW. para alimentar la red de distribución del poblado. El inversor construido por personal de (CFE) fallaba arriba de los dos KW. de demanda, por problemas de calidad de componentes porque físicamente no pudo realizarse el experimento, sin embargo estando instrumentado el sitio, se tenían los promedios horarios de velocidad del viento y conociéndose las características de respuesta de los aerogeneradores era posible estimar numéricamente la energía que podría suministrarse al ejido. El régimen de vientos del lugar producía exceso de energía en verano y déficit en invierno para el consumo normal del poblado.

La Estación Experimental de El Gavillero se habilitó como centro de prueba de pequeños aerogeneradores y en ella se construyó además un simulador de pozo de agua para la prueba y caracterización de Aerobombas. La Estación estuvo en operación hasta 1996 en que fue desmantelada.

Con la experiencia adquirida, se inició el diseño y desarrollo de un aerogenerador de 2 KW. denominado Fénix -por el ave que resurge de sus propias cenizas- de tres aspas fijas de lámina de hierro, el que sometido a pruebas y mejoras, evolucionó a tres aspas de fibra de vidrio de alta eficiencia aerodinámica, generador trifásico de imanes permanentes y sistema de control a base de timón de cola plegable, que lo mismo limita la potencia que lo inhabilita para condiciones de vientos extremos. Este pequeño aerogenerador es capaz de proporcionar del orden 250 Kwh. por mes, lo que permitiría energizar una vivienda rural con todos los servicios eléctricos usados responsablemente. Este aerogenerador es también objeto de trámites de patentes y su transferencia a la industria está disponible.

El Albatros I constituyó el mayor aerogenerador desarrollado en México, de 10 KW. de potencia eléctrica, en base a un generador de imanes permanentes de 28 polos y rotor de tres aspas de 11 metros de diámetro, fue concebido para operar como aerobomba eléctrica, accionando en régimen de velocidad variable, una bomba eléctrica convencional, sumergida o vertical, de 7.5 a 10 HP, accionada con corriente trifásica a 220 Volts y frecuencia de 40 a 80 ciclos/segundo, dependiendo de la velocidad del viento. Del Albatros I se desarrollaron dos versiones, la aerobomba mecánica, con mecanismo de carrera variable, para

optimizar el aprovechamiento de la energía eólica en bombas de émbolo, y la eléctrica, trabajando en régimen de velocidad variable en la bomba, con el mismo fin, mejorar la eficiencia.

Este desarrollo se inició con el apoyo económico y asesoría de VITA (Volunteers in Technical Assistance) organización no lucrativa de divulgación técnica de los Estados Unidos para países en vías de desarrollo, que recibió financiamiento de la Fundación General Electric para este proyecto. Los trabajos posteriores en el Albatros II, y el Itia se realizaron con fondos proporcionados por el Programa Mar del Plata de la Organización de Estados Americanos (OEA). Este financiamiento en periodo de devaluaciones permitió habilitar un taller móvil y la construcción de un Túnel de Viento en la sede del (IIE) en Temixco, Morelos.

Durante las pruebas de la versión eléctrica del Albatros I en El Gavillero, vientos enrachados estando en operación provocaron la fractura en la estructura de aluminio de una aspavela, partiéndose a la mitad. La estructura del aspavela falló por errores en el proceso de soldadura al recalentar el larguero principal y degradar sus características de resistencia a la tracción, fracturándose con el esfuerzo. El dacrón importado, de alto costo y las dificultades constructivas de la estructura de la aspavela, llevó a reconsiderar el diseño del rotor.

El Albatros II, se desarrolló también alrededor del concepto de la vela, sin usar una tela de alta resistencia, alto costo y de importación, sino un remedo semirrígido de fibra de vidrio, en que por torsión del aspa se varían las características aerodinámicas de la misma y se controla y limita la potencia transferida al rotor. Este aerogenerador, mucho más esbelto y sencillo, funcionaba bien en sus primeras pruebas operacionales. Antes de ser instrumentado para su caracterización, ya que en la Estación de El Gavillero se probaba simultáneamente otro aerogenerador, el Fénix de 2 KW.

En Valle de Bravo Estado de México se desarrolló por la U.N.A.M el Proyecto Colibrí un aerogenerador de 5 KW. fabricado y comercializado en México desde principios de los 80's-, lo impactó un gran remolino, estando parado y frenado, levantando el conjunto de bastidor y rotor, de más de 600 kilos, al menos 30 centímetros para sacarlo del mecanismo de tornamesa que en la cúspide de la torre de 18 metros, permite la orientación del conjunto para darle la cara al viento cuando está en operación. La caída fue catastrófica, ya que el conjunto del rotor, de tres aspas y 11 metros de diámetro, con largueros de aluminio, fue totalmente destruido.

El (IIE) elaboró los anteproyectos de un aerogenerador de 50 KW. y de otro de 100 KW. para ser montado en las inmediaciones de la Estación de El Gavillero junto a un pozo profundo donde se instaló una bomba de 100 HP. Proyecto que careció de respaldo económico para su ejecución.

Los recortes presupuestales, obligaron a concentrarse nuevamente en pequeños aerogeneradores, desarrollándose el Avispa de 300 Watts, utilizando un alternador

de automóvil, el que producido industrialmente con un generador de imanes permanentes sería nominalmente de 500 Watts. El Avispa resume la experiencia de más de una década diseñando, construyendo y probando aerogeneradores. Desde su diseño se consideraron tres criterios básicos, su confiabilidad y su reproducibilidad industrial a bajo costo. Este aerogenerador es objeto de patentes en trámite, por soluciones novedosas en los mecanismos de control y ensamble. El Avispa, equivalente ahora a seis paneles fotovoltaicos de 50 Watts pico, permitiría que en una vivienda rural, energizar el alumbrado con lámparas fluorescentes compactas, el radio durante el día y una televisión en la noche, así como un pequeño refrigerador, ya que proporcionaría del orden de 50 Kwh. al mes, en condiciones adecuadas de viento (5 m/s de promedio anual).

En el (IIE) se desarrolló también un pequeño aerogenerador de 50 watts de 90 centímetros de diámetro, cuyo objetivo inicial era la recarga de las baterías automotrices usadas en energizar los anemómetros electrónicos con los que se realizaban los estudios del viento en los sitios de interés. Los anemómetros requerían al cabo de un mes de mediciones continuas que se reemplazaran las memorias y la batería. El desarrollo de la electrónica de estado sólido, permitió diseñar anemómetros electrónicos de muy bajo consumo eléctrico, siendo suficiente un par de pilas alcalinas para sustituir la batería automotriz.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas, ha sido la única institución que por veinte años ha mantenido una ruta consistente de desarrollo de sistemas conversores de energía eólica, lo que se complementó con el desarrollo de anemocinemógrafos electrónicos, sistemas de prueba y adquisición de datos, un túnel de viento con un sistema de adquisición de datos en tiempo real, un laboratorio móvil de meteorología eólica, un taller móvil y la Estación Experimental de El Gavillero, Hidalgo.

Al lado de estas actividades, otras instituciones han incursionado en el desarrollo de sistemas conversores de energía eólica, como la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México, que desarrolló el Ehecatl de 1kw. El Instituto de Ingeniería de la (U.N.A.M) junto con el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, que desarrollaron otro prototipo de 1kw. Las Facultades de Ingeniería de la Universidad Veracruzana y de la Universidad de Zacatecas, han realizado como trabajo de tesis, prototipos de pequeños aerogeneradores, usando alternadores automotrices.

A mediados de 1994 entró en operación en la Venta, Oaxaca, una central eoloeléctrica de 1,575 KW, constituida por siete aerogeneradores Vestas (Daneses) de 225 KW cada uno, como resultado de una licitación pública convocada por (CFE). Esta central, construida en un lugar donde el (IIE) realizó mediciones desde 1984 y ubicó el sitio como uno de los más ventosos en el Sur del Istmo de Tehuantepec, presenta factores de planta anuales del orden del 60%, cuando la media en Dinamarca y California es del orden del 25 %. Esta minicentral representa la primera experiencia para (CFE) de la interconexión de eoloeléctricas al sistema eléctrico interconectado.

3.4 MEDICIÓN DEL RECURSO EÓLICO.

Existen herramientas (anemómetros) y procedimientos para medir con relativa precisión los vientos, los cuales con ayuda de sensores de velocidad y dirección se llevan en tabletas electrónicas de almacenamiento de datos, los cuales se procesan con ayuda de una computadora. Por este medio se puede obtener:

El patrón diario de velocidad, que muestra si el viento obedece a gradientes locales de temperatura del ciclo día-noche o a procesos termodinámicos de mas baja frecuencia como el movimiento de las masas continentales y oceánicas.

El histograma mensual de velocidad que al asociar tiempos de duración acumulados a las velocidades observadas describe la forma como se disipa la energía a través del viento, dentro de un sistema climático-geográfico definido. La uniformidad en el contenido energético del viento ha permitido emplear con éxito la función de Distribución de Weibull aunque también es aplicable la distribución de Rayleigh.

Estas mediciones se deberán llevar a cabo por periodos relativamente largos (hasta dos años) si el proyecto es de una magnitud grande de capital, o con simples exploraciones o mediciones a mano cuando el sistema a instalar sea pequeño.

Para proyectos de más de 5 KW, vale la pena llevar a cabo mediciones aunque sea por periodos muy cortos (4-6 meses), pero para más de 20 Kw. es recomendable medir al menos un año. Entre los parámetros que son necesarios conocer están: velocidad, dirección, temperatura, ambiente, humedad y presión atmosférica.

La cuantificación del potencial energético de un lugar dado se indica en términos de energía disponible, la cual puede ser traducida a valores de velocidad media con sus respectivas reservas. El término más adecuado es el que se da en KW/m como un dato de densidad de potencia, o Kwh /m como un dato de densidad de energía.

La altura recomendada para llevar a cabo estas mediciones es a 20 m como un mínimo, algunos autores recomiendan 10 m, sin embargo la experiencia nos dice que a esta altura existen un sin número de factores que alteran los valores reales por lo que resultan o insuficientes o sumamente imprecisos los datos obtenidos. Cuando ya se tiene un proyecto en mente, lo mejor es medir a la altura a la que se instalaría el generador eólico.

3.5 LOS AEROGENERADORES.

Constituyen el principal elemento de los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica, los cuales están constituidos por un arreglo de aspas, generador y torre principalmente.

El único propósito de un sistema de energía del viento es convertir la energía en movimiento del aire a energía eléctrica. Esto se puede hacer en dos pasos, el primero es convertir la energía del viento en energía mecánica rotatoria con la ayuda de aeroturbinas, de aquí, el generador eléctrico convierte la energía mecánica en energía eléctrica, por lo que es evidente que un sistema de energía de viento debe tener una turbina y un generador eléctrico.

Para convertir la energía del viento en energía eléctrica se requiere también del soporte de otros subsistemas que se describen brevemente a continuación:

El eje de la turbina se debe acoplar al rotor del generador eléctrico y el devanado del estator del generador se conecta a la subestación o a más baterías (según sea el tamaño del sistema y de su función), en donde la energía se acumula y distribuye. Se deben colocar ciertos controladores de seguridad antes de los acopladores para proteger al sistema de las condiciones de sobrecarga causadas en primer término por la alta velocidad de los vientos, lo más común es conectar una caja de engranes antes de los acopladores.

En la siguiente ilustración 3.2 se muestra un diagrama esquemático simple de un sistema de viento, que se le conoce también como “sistema de conversión de energía del viento”.

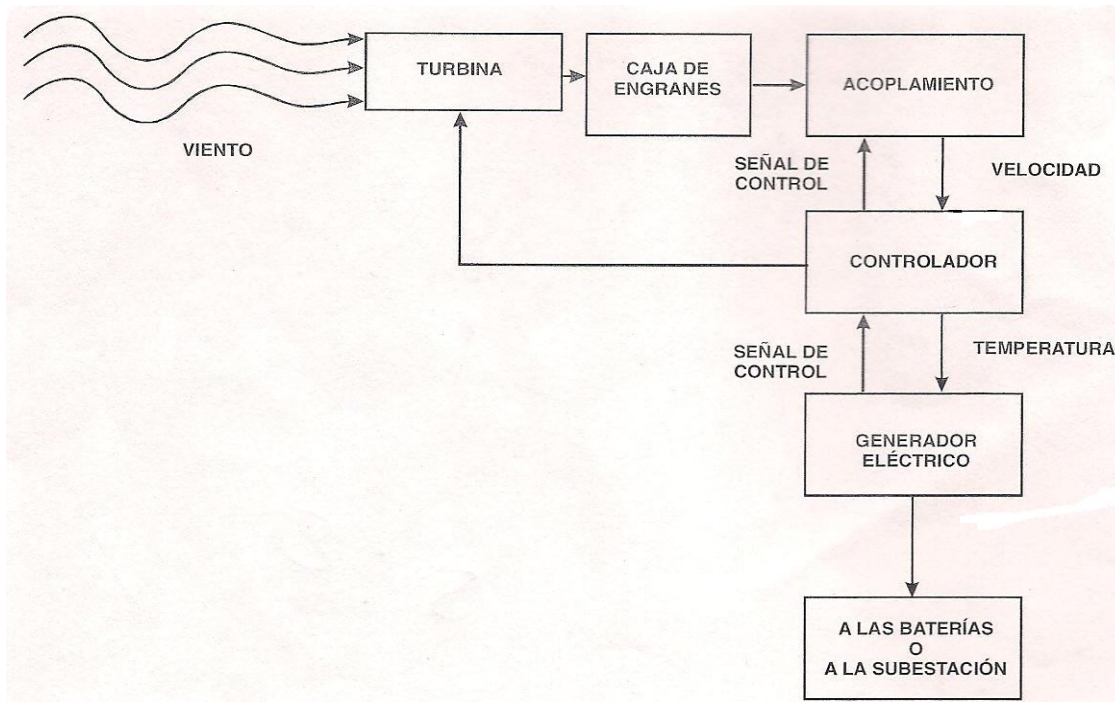


Ilustración 3.2. Diagrama esquemático simple de un sistema de energía del viento.

3.5.1 Aeroturbinas de eje horizontal.

Las aeroturbinas de eje horizontal pueden tener una, dos o más aspas. A mayor número de aspas corresponde una mayor superficie de contacto con el viento. La razón entre la superficie de contacto con el viento y el área barrida por la superficie de contacto con el viento se denomina solidez. Cuanto mayor sea la solidez menor será la velocidad de giro y mayor par de arranque, obteniéndose un par mayor a bajas velocidades de viento. Las aeroturbinas con menos solidez capturan una mayor energía con vientos de alta velocidad.

En las aeroturbinas de eje horizontal (de dos o tres aspas) las aspas pueden estar colocadas viento arriba o viento bajo. Las aeroturbinas de baja potencia suelen emplear una configuración viento arriba principalmente porque con una simple veleta se orienta al cambiar la dirección del viento, manteniéndose así el área de barrido de las aspas siempre perpendicular a la dirección del viento y maximizando la energía captada. La configuración de viento abajo, es utilizada habitualmente en los aerogeneradores de gran tamaño, en los que la veleta no resulta práctica requiriéndose de otros mecanismos para orientar la turbina.

Las aeroturbinas de dos o tres aspas utilizan mecanismos automáticos de control que permiten girar todo el dispositivo dejando su eje de rotación paralelo a la dirección del viento cuando este sopla a velocidades excesivas: Se emplean también otros mecanismos para controlar el ángulo de ataque de las aspas con el

viento logrando de esta manera que el rotor de la aeroturbina gire a una velocidad constante.

La elección entre una configuración de dos o tres aspas, se basa en la eficiencia; con tres aspas se distribuyen mejor los esfuerzos estructurantes a que está sometida la aeroturbina, pero con dos aspas se reduce el costo y se obtienen mayores velocidades de giro.

3.5.2 Aeroturbinas de eje vertical.

Entre las aeroturbinas de eje vertical se pueden distinguir tres tipos principalmente: Savonius, Darrieus y ciclo giro. Las de menor eficiencia son las Savonius que presentan una gran superficie de contacto al viento siendo por ello le da baja velocidad y par inicial muy alto. Un rotor Savonius consta de dos mitades de un cilindro partido verticalmente de arriba hacia abajo, unidas de tal modo que en corte horizontal forman una especie de S.

Las aeroturbinas más utilizadas son las de rotor Darrieus, cuyas aspas semejan alas de un batidor. Normalmente tienen de dos a tres aspas soportadas en la parte superior o inferior de la flecha. Estas máquinas requieren de una potencia inicial, no eólica, para arrancar, a lo mismo que los generadores modernos de eje horizontal y de potencias superiores a los 60 KW. Algunos prototipos de Darrieus emplean pequeños rotores Savonius para iniciar su operación.

El tercer tipo de turbinas es el ciclo giro, muy semejante el Darrieus solo que las aspas con rectas y sus aspas y su orientación se modifica constantemente. La potencia pico predicha para este tipo de turbinas es más alta que para cualquier otro.

Las aeroturbinas de eje vertical tienen ciertas ventajas sobre las de eje horizontal, las primeras no requieren de una orientación ni sistema de control para la orientación de las aspas, esto último puede ser también una desventaja ya que no siempre tienen la mejor orientación con respecto al viento.

3.6 DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE UN SISTEMA EÓLICO.

Lo primero que se debe conocer para el dimensionamiento de un sistema eólico es el potencial del recurso, ya sea conociendo la velocidad de viento media anual y su distribución estadística, método de Weibull o la densidad de potencia en W/m^2 .

3.6.1 Estimación de la cantidad de energía eléctrica que se puede producir.

La cantidad total de electricidad que se puede producir con una especificación dada para una turbina de viento se puede estimar ahora en una forma aproximada, para esto, la densidad anual de la energía del viento se debe calcular basada en la disponibilidad de los datos de la distribución del viento.

La densidad de potencia en el viento varía desde niveles extremadamente bajos (alrededor de 10 w/m²) en los vientos ligeros, hasta niveles muy altos (41000 w/m²).

La mayoría de las turbinas de viento están diseñadas para operar entre las velocidades de viento de 2.5 a 25 m/seg. Y la eficiencia global de la conversión en una turbina de viento es de alrededor del 35 % y multiplicando la densidad anual de la energía del viento por este factor de eficiencia, se puede calcular la cantidad de electricidad por unidad de área.

3.6.2 Evaluación del sitio.

Después de realizar los pasos del procedimiento estimado en las actividades de cálculo preliminar, es importante establecer llevando a cabo físicamente los pasos siguientes en los sitios seleccionados en forma potencial:

- . Comportamiento del área local del viento usando mapas y datos históricos del viento.
- . Identificación de una localización deseable para medir la dirección y velocidad del viento con equipo de monitoreo. Se usan para este propósito anemómetros; para una evaluación precisa de la potencia del viento es necesario que la localización del anemómetro esté en el sitio preciso y la altura del cubo o centro también. Los datos del anemómetro son un factor muy importante en la evaluación del viento, por lo cual se debe llevar a cabo periódicamente la calibración del mismo.
- . La altura y ancho de los distintos obstáculos se requiere que sean medidos de manera que se pueda evaluar el efecto de apantallamiento.
- . El equipo de registro de datos se debe evaluar periódicamente para asegurar la precisión de los datos registrados, éstos se pueden manejar por cinta magnética y en forma digital.
- . Se debe llevar a cabo un análisis detallado de la velocidad y dirección del viento con los datos registrados.

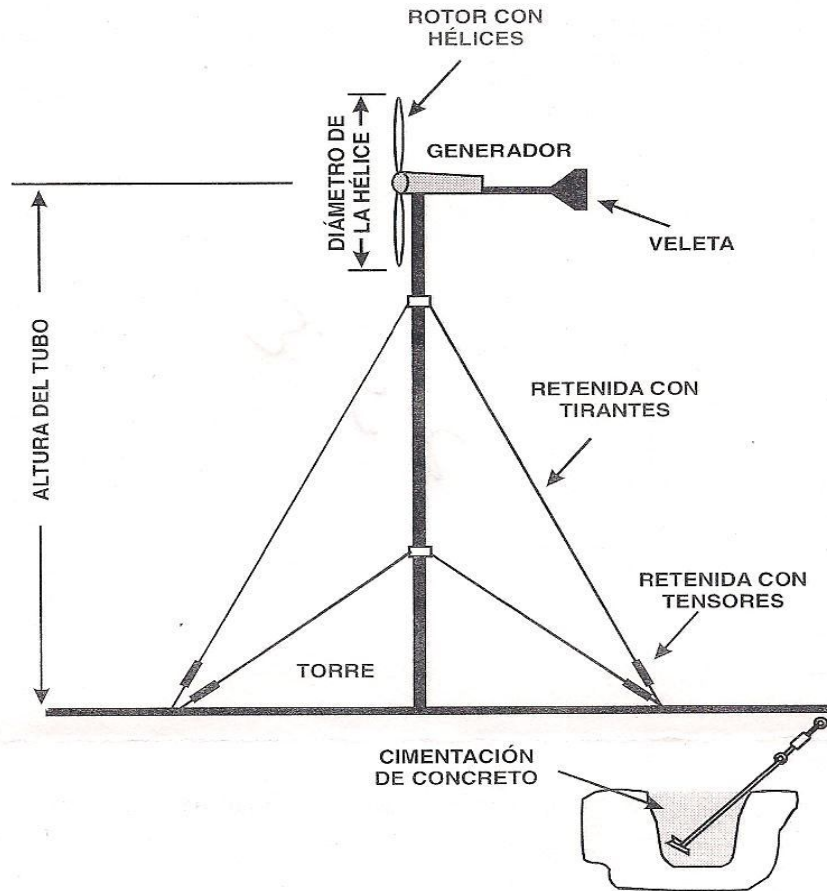


Ilustración 3.3. Componentes de la instalación de una pequeña turbina de viento.

3.6.3 Campo requerido para la evaluación en sitio.

Generalmente, para la evaluación en sitio se requiere llevar a cabo el registro para:

- . Una torre con retenidas tipo telescópica (10 a 30 m.) de acuerdo con la capacidad de la turbina a instalar.
- . Un anemómetro.
- . Un registrador de datos o un sistema de adquisición de datos para las mediciones de la velocidad del viento.
- . Un sensor de dirección del viento.

3.6.4 Las características de un buen sitio para la generación de energía con el viento.

Sobre las bases del análisis anteriormente mencionado y de su evaluación, las características del sitio para generar energía eólica se pueden resumir como sigue:

- . Una velocidad del viento anual alta.
- . Que no se tengan obstrucciones de árboles en un radio de alrededor de 3 Km.
- . Abierto y plano (aproximadamente una densidad de potencia del viento de 750 kmh/m² por año), o bien terreno plano cercano al mar (costero) con una densidad de potencia de aproximadamente 2400 kmh/m² por año.
- . Un espacio montañoso produce un efecto de embudo (la densidad de potencia del viento es de aproximadamente 1600 kmh/m² por año).

3.7 FÓRMULAS BÁSICAS.

Los aspectos que se deben considerar en las fórmulas básicas son la curva de potencia del aerogenerador, la distribución de los vientos del sitio, para calcular cual será la energía generada.

3.7.1 Las variaciones de la velocidad del viento con la altitud.

Éstas dependen esencialmente de la naturaleza del terreno, así como de las formas de propagación de las masas del aire. Estas variaciones pueden estar representadas por una ley simple de la forma:

Donde: V_1 y V_2 representan las velocidades de los vientos horizontales sobre las alturas respectivas h_1 y h_2 . El exponente α caracteriza el terreno y los valores se encuentran a continuación para 4 tipos de terreno:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^\alpha$$

NATURALEZA DEL TERRENO	DESIGUALDAD DEL SUELO h ₀ EN cm	EXPONENTE α
1.- PLANO NEGRO, MAR, PASTO, ETC.	0 a 20	0.08 a 0.12
2.- POCO ACCIDENTADO DESIGUALDADES DE DÉBIL AMPLITUD	20 a 200	0.13 a 0.16

3.- ACCIDENTADO	1,000 a 1,500	0.20 a 0.23
4.- MUY ACCIDENTADO CIUDADES	1,000 a 4,000	0.25 a 0.40

CON $\alpha = 0.096 \lg h_0 + 0.016 (\lg h_0)^2 + 0.24$

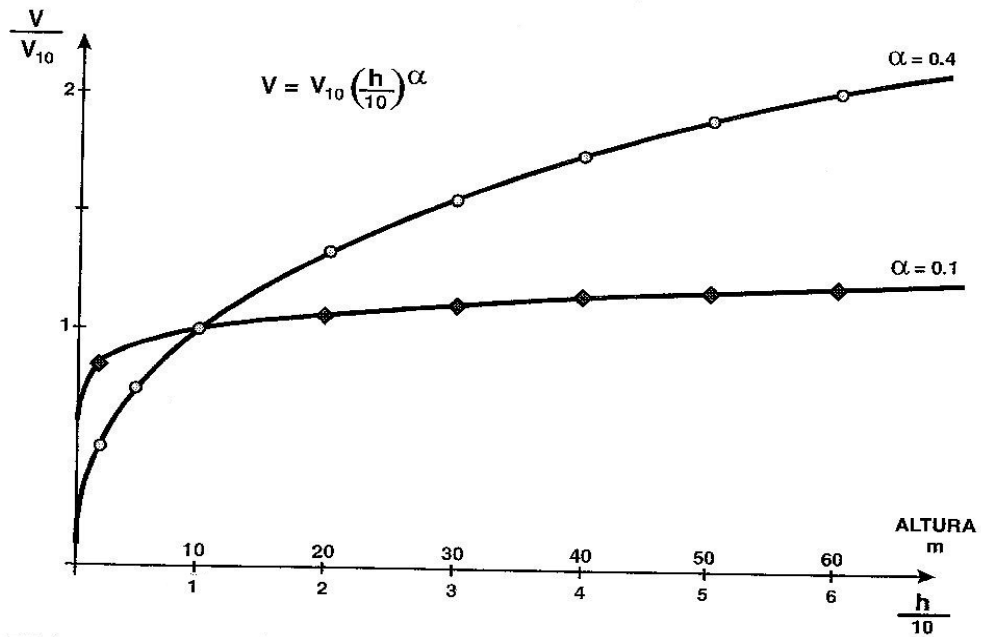


Gráfico 3.1. Nos muestra la variación de la velocidad del viento en función de la altitud.

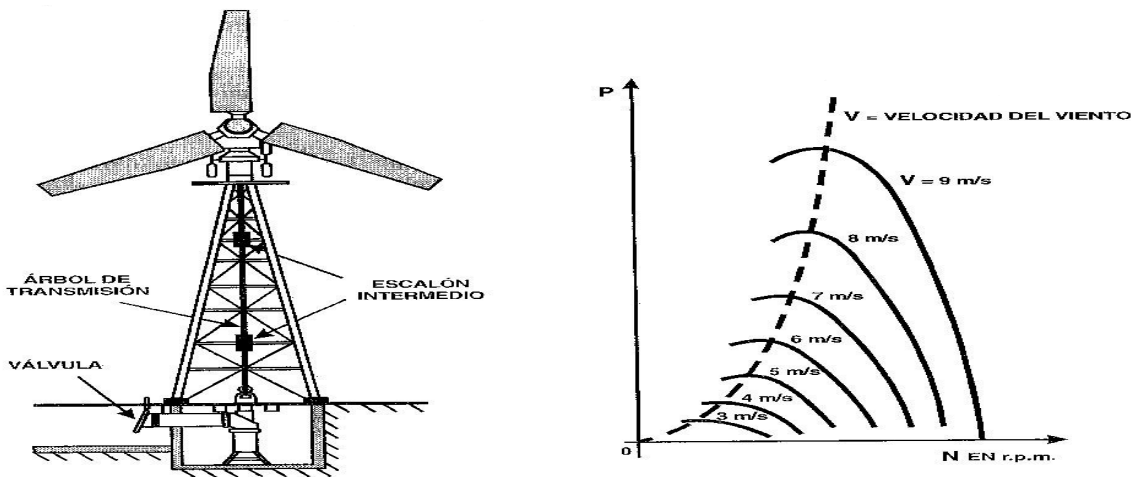


Ilustración 3.4. Aéreo generador rápido usado para bombeo e irrigación.

3.7.2 Potencia.

Antes de estudiar la dinámica del flujo del viento, es conveniente ver la diferencia entre velocidad del viento y potencia del viento.

3.7.3 Velocidad del viento.

La velocidad del viento es el índice o tasa con la cual el flujo del aire ha pasado sobre la superficie de la tierra, la velocidad del viento puede ser bastante variable y está determinada por un número de factores que se analizarán más adelante.

3.7.4 Potencia del viento.

La potencia del viento es la medida disponible en el viento, es una función del cubo (tercera potencia) de la velocidad del viento. Si la velocidad del viento se duplica, la potencia en el viento se incrementa por un factor de 8 (ocho), es decir, 2^3 , esta relación significa que las pequeñas diferencias en la velocidad del viento llevan a grandes diferencias en la potencia, aunque un menor cambio en la velocidad del viento puede tener un cambio considerable en la potencia del viento. Por esta razón, un estudio cuidadoso y preciso del viento se debe llevar a cabo antes de diseñar un sistema de energía del viento.

La metodología para el cálculo de la potencia disponible en el viento, se indica a continuación:

La energía cinética del viento se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$

Donde: M = Masa del aire que se mueve a una velocidad **V**.

La cantidad de potencia disponible en el viento está determinada por la ecuación:

$$W = \frac{1}{2} rAv^3$$

Donde: W = Potencia.

r = Densidad del aire.

A = Área del rotor.

v = Velocidad del viento.

3.7.5 La densidad del aire.

La densidad del aire varía con el cambio en la temperatura y la presión, se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$P = (1.325 \times P) / T$$

Donde:

$T =$ Temperatura en grados Fahrenheit + 459.69

$P =$ Presión en pulgadas de mercurio ajustada para la altura.

Se usa como valor estándar la densidad del aire al nivel del mar, entonces para un sitio en particular se corrige este valor, dependiendo de los datos de presión y temperatura obtenidos del sitio en particular. La ecuación de potencia simplificada, usando los valores al nivel del mar para presión y temperatura, se pueden obtener con la ecuación:

$$W = 0.625 A V^3$$

Donde:

$W =$ Potencia en watts.

$A =$ Área de la sección transversal en m^2 , que es barrida por el rotor.

$V =$ Velocidad del viento en m/s.

El área barrida por el rotor para las turbinas de eje horizontal, se calcula con la ecuación:

$$A = (\pi/4)D^2$$

Donde:

$D =$ Diámetro del rotor.

CAPÍTULO IV.

SECTOR ENERGÉTICO, UNA VISIÓN HACIA EL AÑO 2025.

4.1 EL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO, SITUACIÓN ACTUAL.

El sector energético en México vive una situación crítica que exige una discusión seria entre la sociedad civil, los empresarios, los partidos políticos y el gobierno. De las soluciones que se den a este problema depende en buena medida el futuro de México.

Esta discusión sobre la perspectiva del sector energético debe estar enmarcada en la articulación de un proyecto de nación incluyente con visión de largo plazo. Y debe contribuir a la formulación de una política de Estado en materia de energía y desarrollo sustentable.

El sector eléctrico sufre una suerte similar a la industria petrolera, ya que la generación, transmisión y distribución se encontraban en manos de compañías extranjeras, y la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) el 14 de agosto de 1937 representó el primer esfuerzo por mexicanizar el negocio de la energía eléctrica que culminó con la nacionalización del sector eléctrico el 27 de septiembre de 1960.

Se ha venido discutiendo en el Congreso de la Unión el marco normativo aplicable al sector eléctrico, para hacer frente a la necesidad de agregar más capacidad eléctrica en los próximos años y así poder satisfacer el crecimiento esperado de la demanda eléctrica anual.

En el año 2007 la capacidad instalada era de 51,029 MW que tenía en esos momentos (CFE), 12,246.96 Mw equivalentes al 24.30 % correspondían a energías renovables.

Las reformas al sector energético nacional deben ser producto de un proceso de planeación estratégica, transparente y participativa, en que deben intervenir no solo los actores del sector, las instancias políticas, sino la sociedad en general. Es necesariamente un proyecto de largo plazo. En este sentido, uno de los aspectos más relevantes de los propósitos de la Secretaría de Energía, es la elaboración de un programa estratégico con visión al año 2025 que ayudará a orientar la política energética nacional. Este esfuerzo de visión del país en el largo plazo es el reflejo de una preocupación creciente de la sociedad civil por discutir el proyecto de nación y su inserción en la globalización.

La situación que guarda el sector energético y su difícil perspectiva, tanto para la satisfacción de la demanda interna, en especial cuando el país retome la senda del crecimiento económico, como para volver a convertirse en uno de los motores del desarrollo, hace necesario cuestionarse como fue que un país como México, con tan vastos recursos energéticos, pudo caer en el bache actual. También

conlleva a la pregunta de cómo revertir esto para lograr los objetivos planteados en beneficio de todos los mexicanos. En consecuencia, conviene referir dos aspectos, el marco normativo vigente y el régimen fiscal aplicable al sector, así como los mecanismos de financiamiento del mismo.

En cuanto al marco normativo, el artículo 27 constitucional y el marco legislativo derivado de ésta y otras disposiciones de la norma suprema, determina el dominio directo de la Nación sobre el petróleo y los carbonos de hidrogeno sólidos, líquidos y gaseosos. Asimismo, establece que en esta materia no se otorgaran concesiones ni contratos y la Nación llevara a cabo la explotación de éstos productos. También corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público. La actividad para desarrollar los hidrocarburos y la electricidad está reservada al Estado, que la desarrolla a través de organismos públicos descentralizados, permitiéndose la participación del sector privado únicamente en lo referente al transporte, almacenamiento, distribución y mantenimiento en el área de gas natural. En materia del sector eléctrico, el sector privado solo puede participar en la cogeneración y el autoabastecimiento.

Este marco normativo de la actividad del sector energético permitió al Estado financiar en buena medida el desarrollo de país. Buena parte de la infraestructura, la industrialización y la urbanización fueron posibles gracias a la contribución fiscal del sector energético, así como al suministro de energéticos baratos durante décadas, al impulso que otorgó al sector industrial mexicano, incluidos el sector de bienes de capital y a las empresas de ingeniería y construcción. Sin embargo, todas estas ventajas se revertieron, en particular a raíz de la crisis fiscal que ha vivido el Estado mexicano desde 1981-1982. La carencia de recursos fiscales provocó que el sector energético fuera gravado desproporcionalmente, impidiéndole contar con recursos financieros suficientes para planear su desarrollo con visión a largo plazo.

El reto es encontrar el marco jurídico adecuado para que con pleno respeto a la soberanía, y al control y regulación estatal sobre el sector energético, se permita la canalización de recursos financieros suficientes para el pleno desarrollo del sector y fortalecimiento de la posición internacional de México en la materia.

¿QUÉ HEREDA ALFREDO ELÍAS AYUB?

Finanzas de la CFE (Millones de pesos)

Activos	853,643
Pasivos	494,271
Obligaciones laborales al retiro	253,176
Patrimonio	359,372

Productores independientes de energía (Millones de pesos)

Pagos futuros de cargos fijos de proyectos en operación	191,800
Contingencia proyectos de operación y construcción	80.162

Deudas (Millones de dólares)

Deuda interna	2,487.9
Deuda externa	3,350.5
Pidiregas	5,714.1
Total	11,552.5

Lo que se hizo en 12 años Usuarios (Millones)

1999	17.86
2003	21.33
2006	24.22
2009	33.40
2011	34.2

Tarifas (Pesos por kWh)

Tipo	1999	2003	2006	2009
Doméstico	0.4924	0.8312	0.9623	1.0675
Comercial	1.2013	1.6337	2.3586	2.3726
Servicios	0.9469	1.3001	1.5449	1.7576
Agrícola	0.2574	0.3644	0.4424	0.4112
Mediana ind.	0.5247	0.8506	1.1898	1.2644
Gran industria	0.3502	0.5901	0.8766	.09554
Promedio	0.5443	0.82.08	1.1021	1.2119

Capacidad de generación (TWH)

Año	CFE	PIE	Total
2001	190.88	1.2	190.0
2003	169.32	31.62	200.94
2006	162.47	59.43	221.9
2010	160.37	78.44	238.81

Generación por fuente

Tipo	Porcentaje
Geotermia	2.77%
Carbón	6.90%
Nuclear	2.46%
Eólica	0.07%
Productores independientes	32.85%
Hidráulica	15.03%
Hidrocarburos	39.91%

Fuente: CFE y SIE.

Tabla 4.1. El 18 de febrero pasado Antonio Vivanco Casamadrid fue nombrado titular de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tras la salida del ingeniero Alfredo Elías Ayub que estuvo al frente por 12 años de la misma.

4.2 SECTOR ENERGÍA VISIÓN AÑO 2025 (ELECTRICIDAD).

Un cuarto de siglo debe representar cambios importantes en el entorno económico-social de México. El factor demográfico, a pesar de los constantes esfuerzos para disminuir su influencia, seguirá dictando la política económica nacional. Las necesidades en infraestructura y el apoyo que tradicionalmente se le ha proporcionado a las clases económicas más desprotegidas, rigen el gasto del gobierno federal. Además, la probabilidad de continuar con algún tipo de subsidio para el consumo de alimentos, agua, energía, medicinas, es alto, por lo que las distorsiones en los precios de estos productos y servicios seguirá (Gráfico 4.1).

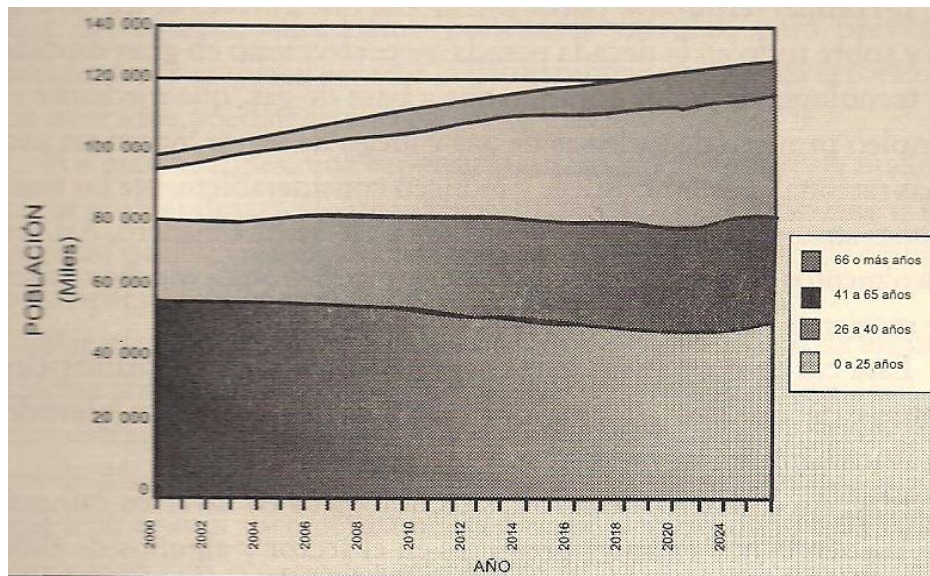


Gráfico 4.1. Población por estrato de edades 1995-2025.

En caso de que se pudiese disminuir la tasa de crecimiento de la población a niveles cercanos al 1 %, para el final del periodo, se tendrán aproximadamente 50 millones de mexicanos entre los 0 y 25 años de edad, 30 millones entre los 26 y 40 años, 36 millones entre los 41 y 65 años, y 10 millones de habitantes con edad igual o mayor a la 66 años.

Se consideró deseable que en 25 años México pudiera incrementar cuatro veces su consumo residencial Per cápita, llegando a un valor cercano a los 1,290 kwh, lo que sería equivalente a una capacidad de 20,125 Mw para cubrir esa demanda.

México podría tener una participación en donde los sectores residencial y de servicios representaran el 20 %, el industrial el 55 % y el agrícola el 5 %. Esto equivaldría a un incremento con respecto al año 2000 del 11 % en el sector de servicios y decrementos del 3, 5 y 1 % en los sectores residencial, industrial y agrícola, respectivamente. Esto es, se necesitaría llegar al año 2020 con una capacidad de generación de 103,000 Mw o al año 2025 con una capacidad de

114,000 Mw, sin considerar el autoabastecimiento. El primer valor sirvió de base para conformar el escenario 1 A y el segundo para el escenario 2A (Gráfico 4.2).

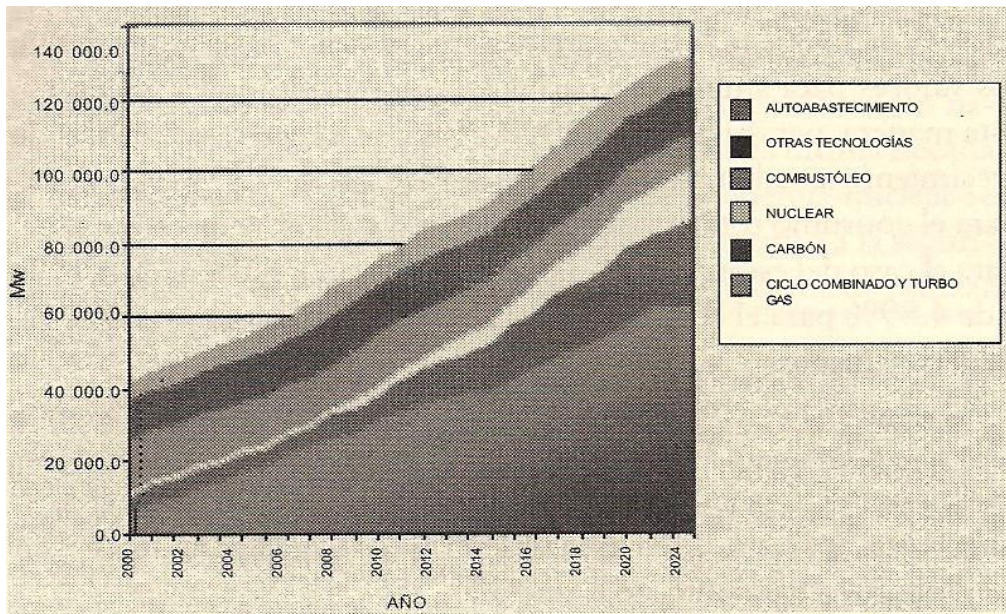


Gráfico 4.2. Capacidad de generación por tipo de planta escenario 1A.

Se consideró además una relación, en ambos escenarios, de los crecimientos del consumo total aparente de energía con el Producto Interno Bruto (PIB). Para el caso del consumo total aparente de energía, dado que se consideran los datos oficiales hasta el año 2008, los valores para ambos escenarios en ese periodo no cambian. De esta manera, para el periodo 2000-2025, se tienen tasas medias de crecimiento anual (TCMA) para el escenario 1A de 4.32 % y de 5.2 % para el consumo total aparente de energía y el (PIB), respectivamente (Gráfico 4.3).

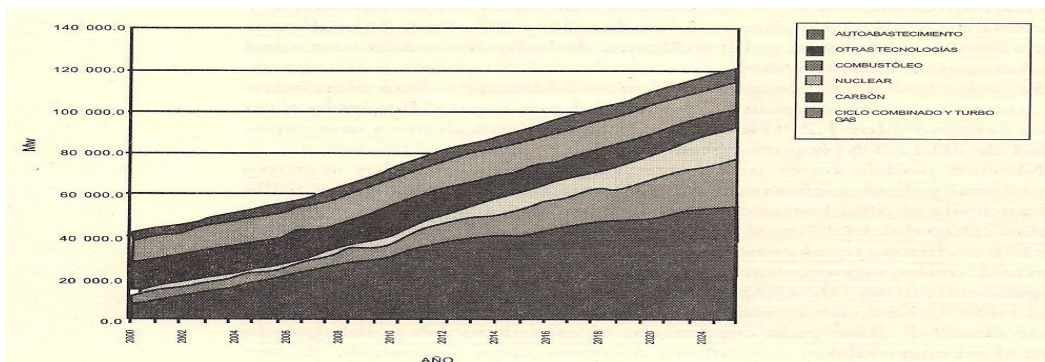


Gráfico 4.3. Capacidad de generación por tipo de planta escenario 2A.

Para el caso del escenario 2A, las tasas de crecimiento son de 4.11 % y de 4.89 % para el consumo total aparente de energía y para el (PIB), respectivamente. El crecimiento económico en ambos escenarios, en los próximos 25 años, implica un sistema productivo más eficiente y una infraestructura que cubra las necesidades

de ese sistema. Asimismo, el consumo total aparente de energía refleja una sociedad consciente y un mejor aprovechamiento de la energía. (Gráfico 4.4).

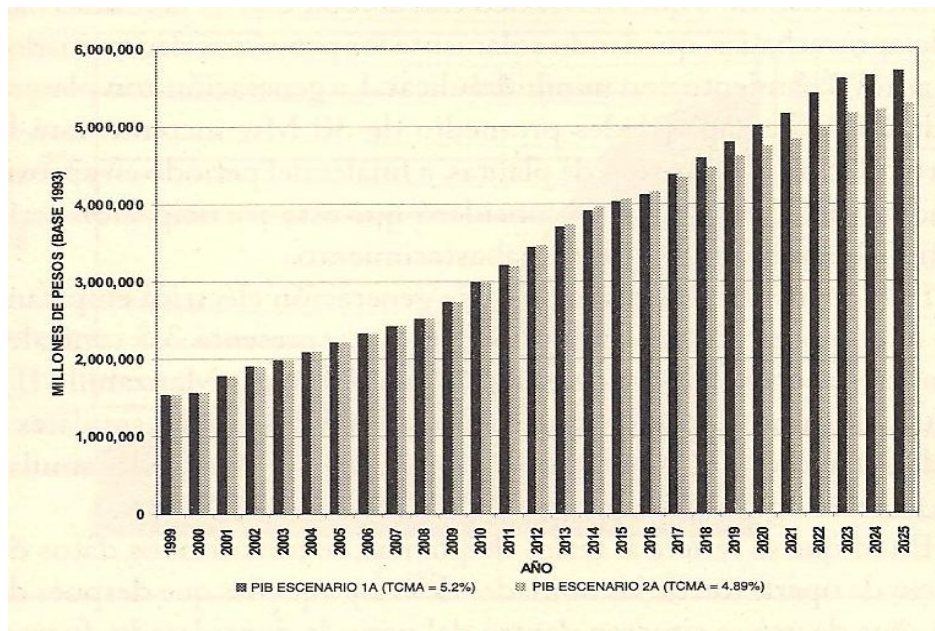


Gráfico 4.4. Crecimiento real del PIB.

Se difiere de los documentos oficiales en cuanto a los combustibles que podrán ser usados en el periodo 2006-2025. A pesar de las aparentes bondades de las plantas generadoras denominadas de ciclo combinado, que usan gas metano como combustible, aquí se trató de presentar una visión de diversificación energética, dándole una participación mayor al carbón y al combustóleo de origen nacional, con contenido de azufre menor del 2 %. En la última década del periodo mencionado, la participación de la energía nuclear se incrementa debido a los avances tecnológicos en cuanto a la seguridad en el manejo de los desechos radiactivos y a la forma de utilizar la energía atómica.

Las energías eólica y solar aumentarán su participación. Sobre todo en proyectos locales, que serán extremadamente molestos para las compañías distribuidoras de energía eléctrica, por encontrarse en lugares aislados con núcleos de población pequeños. Existe la posibilidad de que algunos proyectos eólicos, con avances tecnológicos adecuados, puedan convertirse en proyectos de tamaño económicamente atractivos.

La generación hidráulica aumentará su participación marginadamente, debido a que en México casi la totalidad de las caídas han sido aprovechadas, quedando solamente los proyectos denominados de aprovechamiento con minihidráulicas. La generación con plantas hidráulicas de capacidades promedio de 30 Mw incrementará la participación, de este tipo de plantas, a finales del periodo en

aproximadamente 2,500 Mw. Se consideró que esta participación sería con proyectos del tipo de autoabastecimiento.

El incremento de la capacidad de generación eléctrica empleando al combustóleo, en ambos escenarios, representa 3.5 centrales similares al complejo Manzanillo (Manzanillo más Manzanillo 2).

El uso de carbón representa un poco más de 9.5 centrales similares a la de Petatalco y la generación nuclear representa 9 unidades similares a la de Laguna Verde, ambos en los escenarios IA y 2A.

En lo que se refiere al retiro de las plantas, se tomaron los datos de inicio de operación de las unidades de (CFE) y aquellas que después de 40 años de uso se situaran dentro del periodo considerado, fueron restadas del monto de la capacidad total. La mayoría de los retiros corresponde a plantas de turbogás o de vapor.

En lo que respecta al volumen de metano (CH₄) que consumen los ciclos combinados, el consumo de éste en este tipo de centrales llegaría a ser orden de los 13,907 mpcd (millones de pies cúbicos diarios) y de 11,883 mpcd (millones de pies cúbicos diarios), para los escenarios 1A Y 2A, respectivamente. Cifras comparativamente menores a las oficiales, reportadas en el documento de Prospectiva del Sector Eléctrico, publicado por la Secretaría de Energía.

En el (Gráfico 4.5) se muestran los valores de la capacidad de la generación para los años 1975, 1980, 1985, 1995 y 2000. La capacidad que se tenía en 1975, 9,830 Mw, se multiplica en 1.49 veces para que en 1980 se llegara a 14,625 Mw, y la capacidad de 1980 se multiplica en 2.2 veces para 1995 a 32,161, y la capacidad de 1995, aumenta en sólo 0,1 veces, para alcanzar la capacidad del año 2000, de 35,386 Mw.

El esfuerzo realizado en el periodo 1975-2000, al incrementar la capacidad de generación en 25,556 Mw, es similar al que deberá de llevarse a cabo en los próximos 25 años. Se tendrá que incrementar, de acuerdo con el escenario alto (escenario 1 A), un total de 91,365 Mw, para llegar a un total de 130,129 Mw, que significa multiplicar por 3.68 veces la capacidad del año 2000 (Gráfico 4.5).

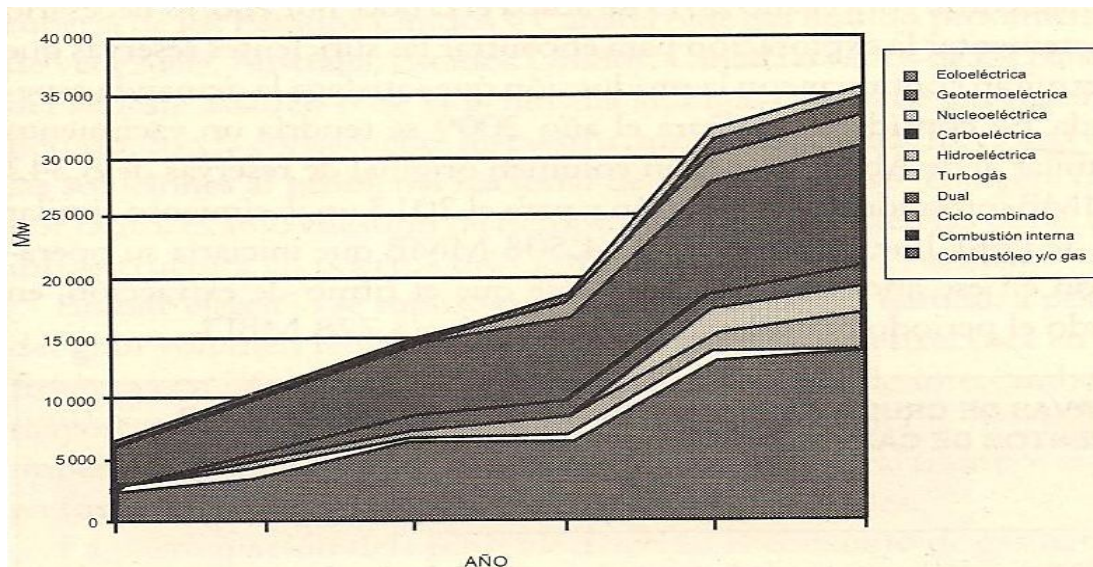


Gráfico 4.5. Capacidad de generación por tipo de planta 1970-2000.

Actualmente se cuenta con un sistema de líneas de transmisión con una totalidad de 614,653 Km. de longitud. De éstos, en tensiones que van de 150 a 400 kilovolts (kv) se tienen 35,271 km; en tensiones que van de 69 a 138 kv, se tienen 35,627 Km. y el resto es a niveles de baja tensión y forman el sistema de distribución de energía eléctrica. Un sistema de esta magnitud presenta problemas en la transmisión, ya que el denominado mallado, que no es otra cosa que la densidad de líneas por área, es muy baja. Para la capacidad de generación se deberá aumentar el mallado de la red para llegar a una densidad mayor.

La generación que se propone al año 2025, requerirá de un mínimo de 328,000 Km. en tensiones de 150 a 400 kv y de 300,000 Km. en tensiones de 69 a 138 kv. Esto es aproximadamente 9.5 veces la longitud de altas tensiones y casi 8 veces la longitud en medias tensiones.

Las cifras de reservas remanentes de hidrocarburos al 1 de enero del 2001, proporcionadas por (PEMEX), eran de 23,660 Millones de Barriles (MB). Si se consideran las producciones históricas y se mantiene el ritmo de extracción, se llega a fluctuaciones de 3,011 Miles de Barriles Diarios (MBD) como mínimo en el año 2000 y a un máximo de 3,724 (MBD) en el año 2003, y a los 3,730 (MDB) en el año 2017, siendo éstos los máximos volúmenes extraídos en el periodo.

De acuerdo con estas cifras y sin incrementar las reservas probadas remanentes, para el año 2017 se acaba el crudo. Por ello, es necesario incrementar la exploración para encontrar las suficientes reservas que permitan continuar con la producción que satisfaga la demanda esperada (Gráfico 4.6).

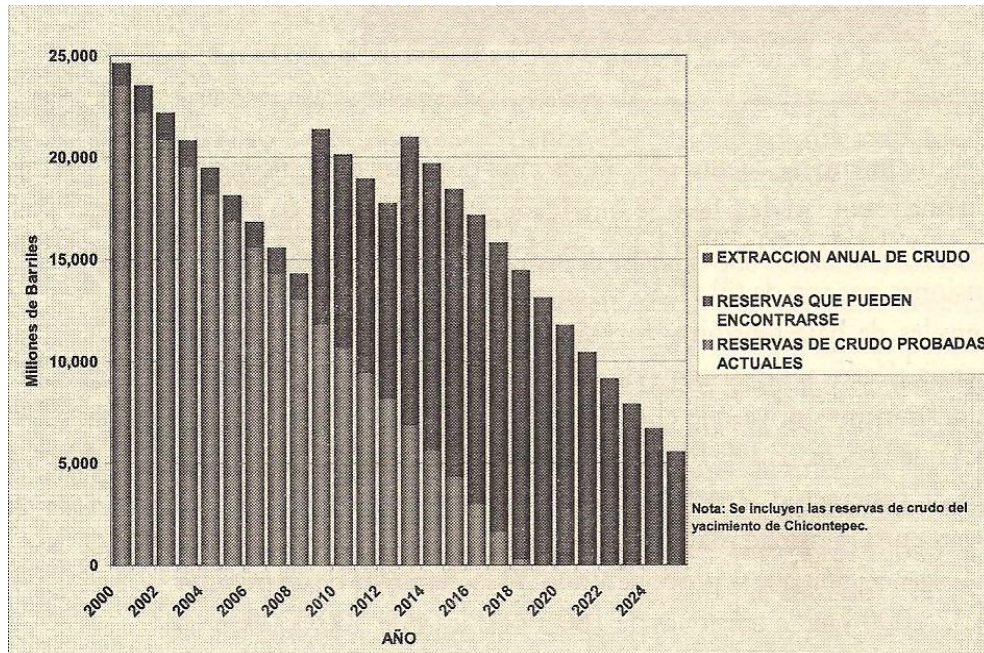


Gráfico 4.6. Reservas de crudo suponiendo que se encuentran dos yacimientos de características similares uno a pol chuc y otro a abkatun.

La participación del sector eléctrico en el consumo de gas natural se incrementa de 24 % en el 2000 al 65 % en el escenario 1A Y 61 % en el escenario 2A en el año 2025. El sector industrial y (PEMEX) disminuyen su participación del 32 al 14 % y del 41 al 18 %, respectivamente en el escenario 1A Para el escenario 2A en el periodo 2000-2025 (PEMEX) y el sector industrial disminuyen su participación del 41 al 20 % y del 32 al 16 %, respectivamente (Gráfico 4.7 y 4.8).

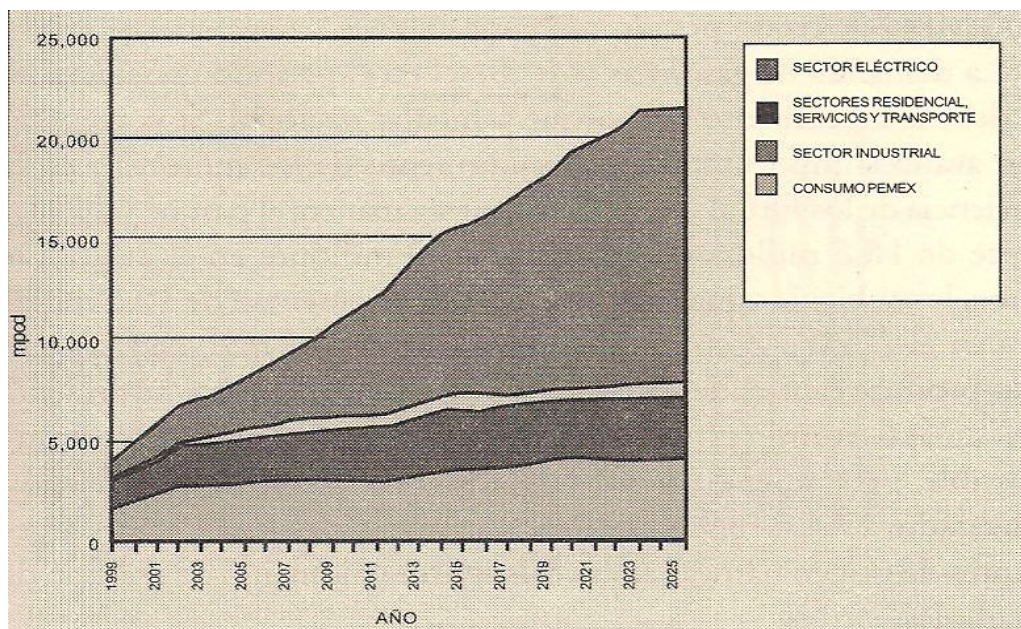


Gráfico 4.7. Demanda de gas por sectores escenario 1A.

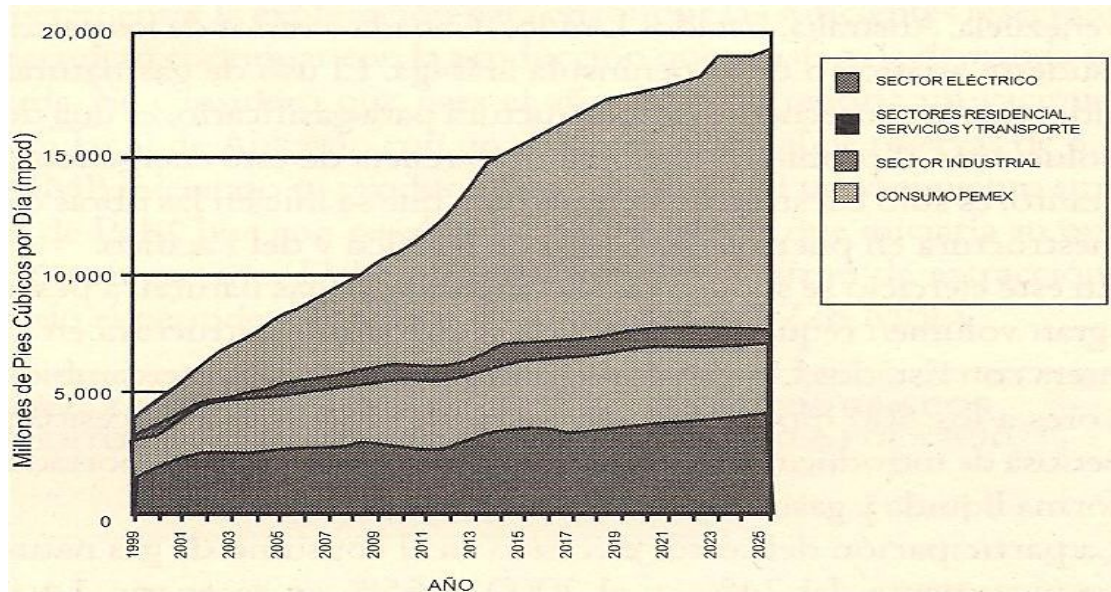


Gráfico 4.8. Demanda de gas por sectores escenario 2A.

Al proponerse la construcción de las centrales carboeléctricas y nucleares, se supone que el combustible será importado. Los volúmenes necesarios de carbón alcanzarán los 59.7 millones de toneladas anuales. Los yacimientos nacionales de carbón térmico abastecerán a las centrales del norte del país hasta el año 2016 si se mantiene el ritmo de extracción actual, por lo que a partir de esa fecha se deberán importar 8 millones de toneladas anuales además de las antes mencionadas, lo que llevará a una a una importación total anual de 67.7 millones de toneladas. Por su parte, las 9 centrales nucleares que se proponen importarán cerca de 290 toneladas de uranio enriquecido (Gráfico 4.9).

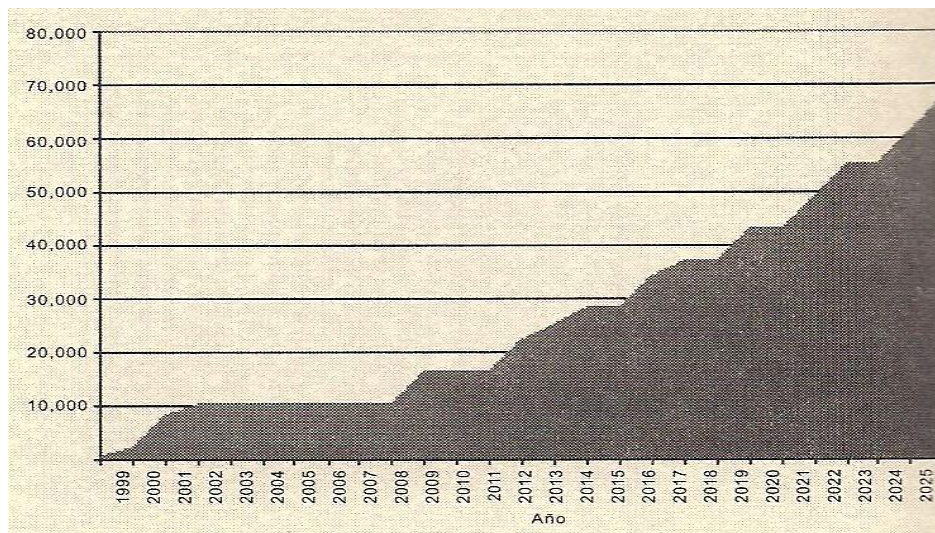


Gráfico 4.9. Importaciones de carbón no coquizable.

Para tener una capacidad de generación de 129,089 Mw en el año 2025, es necesario construir una capacidad adicional total de 71,503 Mw, con los correspondientes reemplazos de las plantas obsoletas.

En lo que se refiere a las tecnologías no convencionales, el gobierno federal deberá promover inversiones en estas centrales, ya que la mayoría de los usuarios de este tipo de generadores de electricidad (solar y eólica) carecen de los medios económicos suficientes para pagar la electricidad así generada. Sin embargo, en 25 años las tecnologías deberán tender a un abatimiento de los costos que permitirán, a un mayor número de usuarios, usar estas tecnologías.

4.2.1 La estrategia nacional de energía (ENE).

La Estrategia Nacional de Energía (ENE) plantea la ruta que debe seguir el sector energético en México y propone la visión para el año 2024. Una de las principales justificaciones para que el sector eléctrico permanezca bajo control estatal, es el apoyo a las clases marginadas.

	Inversión Dólar /Kw	Costos operación Dólar / mW	Costo nivelado Dólar / mW	Emisiones Ton. CO2 E.	Tiempo construcción años
Ciclo combinado	973	58	74	0.4	2.5
Hidroeléctrica	2000-2500	4	76-116		4-6
Carboeléctrica	2,323	41	80	0.8	3.5
Geotermoeléctrica	2,169	48	82		2.25
Nucleoeléctrica	5,000	19	84		8
Eoloeléctrica	2,360	13	110		1
Turbogás	650	86	152	0.7	1

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Tabla 4.2. Costo de inversión en plantas de generación de electricidad (dólares de 2009).

El crecimiento y trabajo ha logrado que de una cobertura de electrificación de 59 % en el año 1970 pasemos a 97.3 %. Ya en el año 2000, México tenía un índice de 95.4 % y en 10 años la brecha disminuyó sólo 1.9 por ciento. Esto implica acortar un déficit de 1.2 % o, dicho de otra forma, conectar en los próximos 14 años a 40 % de los que actualmente no tienen servicio. Un 2.7 % de la población que no tiene servicio son más de 3 millones de mexicanos. Ahora bien, la meta que plantea la (ENE) equivale a integrar a la modernidad a un millón de personas (Tabla 4.2).

4.3 LAS PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO.

El sector eólico mexicano tiene un potencial de generación de electricidad de 70 mil megawatts MW , 1.4 veces la capacidad total instalada que tiene el país en todas sus modalidades, las cuales deben revisarse con cuidado pues no todas se

pueden desarrollar en proyectos inmediatos, sino que conllevan un proceso de maduración.

El mapa eólico que presentó el presidente Felipe Calderón en Cancún, en el marco de la (COP 16), marca hasta dónde puede llegar en el sector eólico. En ese documento, se expone que solo 20 mil MW tienen potencial arriba de 30 % de factor de planta, que son los que pueden desarrollarse al corto plazo.

Además, no solo se necesita el recurso para un proyecto de energía renovable eólica, también se requiere infraestructura de transmisión, certidumbre y visibilidad de largo plazo en las proyecciones financieras, para hacerlos económicamente viables y obtener capital para implementarlos.



Gráfico 4.10. Perspectivas a nivel mundial de la energía eólica.

Actualmente, la industria tiene instalados 500 MW y se prevén alcanzar 2 mil 500 MW hasta el año 2014, con un valor de mercado de cerca de 10 mil millones de dólares, contando todos los proyectos hasta 2014, hasta ahora se generan 500 empleos directos y unos 5000 puestos de trabajo indirectos (Gráfico 4.10).

En ese contexto, las empresas del sector tienen proyectos eólicos en desarrollo siendo la zona de Oaxaca una de las más importantes. Oaxaca tiene en promedio 30 % más de factor de planta -capacidad de generación-, lo que hace a los proyectos muy rentables. Ahora, bajo los esquemas de productor independiente de energía y el autoabastecimiento, se planea desarrollar 2 mil 500 MW hacia finales del 2014 y con ese potencial se colocaría como el área eólica más importante de América Latina en el desarrollo de proyectos de energía limpia.

CONCLUSIONES.

El respeto por el cuidado al medio ambiente es un tema en que la industria ya ha tomado cartas en el asunto de unos años a la fecha, ante la realidad ineludible que le plantea la problemática del cambio climático.

No se puede tapar el sol con un dedo: cifras de empresas como HP (Hewlett Packard) apuntan a que el consumo de terawatts (TW) por horas se duplicará en los próximos 20 años. En México, el número de usuarios de energía eléctrica creció casi 50% entre 1999 y noviembre de 2010, según cifras de la Secretaría de Energía (SENER), que considera consumo doméstico, comercial e industrial.

Y datos más: la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE) estima que, para 2030, los sectores de transporte e industria serán responsables de 80% del consumo final de energía.

Es más evidente que la realidad plantea un dilema, en el que es necesario reducir 50% la emisión de gases de efecto invernadero, mientras que el consumo de energía seguirá con una tendencia a la alza.

Previendo esta situación y empujadas por cuestiones como proyectar una mejor imagen hacia sus clientes, además de buscar eficiencia y reducción de costos, las empresas manufactureras están poniendo en marcha iniciativas para enfrentar el problema y, de paso, dar un mayor salto hacia la sustentabilidad.

No es exclusivo de un sector y, lo mejor, es que cada empresa ha encontrado el camino para hacerlo a su manera, estableciendo iniciativas que van desde la selección de los materiales empleados, los procesos a lo anterior de la planta y el producto final, concebido desde su diseño hasta su deshecho. Sin existir una regla a seguir, sí hay una coincidencia: las empresas están invirtiendo en una reconversión tecnológica como el medio para lograrlo.

No obstante, el tema energético es sólo una de diversas acciones “verdes” que están llevando a cabo las industrias manufactureras, entre las cuales habría que citar otras como el establecimiento de plantas de tratamiento y reusó de agua, prácticas de reciclaje de materiales, y desarrollo de fuentes alternativas de energía. Medidas, todas, encaminadas a un respeto al medio ambiente y, a la vez, alcanzar mayor eficiencia operativa.

Para muchas compañías, el enfoque ecológico está formando parte de sus objetivos corporativos, así que lo mejor es que esto terminará por influir en los diversos eslabones que componen sus cadenas de valor, desde los proveedores de materia prima hasta el consumidor final de sus productos.

El final de la década de 1960 se vio el establecimiento del movimiento de ecología global, el cual surgió después de darse cuenta de una crisis ecológica en nuestro planeta.

En la década de 1960 y 1970 había preocupación por las armas y la energía nuclear, la lluvia acida fue una problemática en los ochentas, la tala de los bosques y las selvas, la destrucción de la capa de ozono fueron críticas en los noventas, y hoy estamos preocupados por el cambio climático y el calentamiento global.

Dado esto debemos suplir a la energía que proviene de la quema del petróleo y el carbón y que está dañando consecutivamente la ecología, basar la economía en el “oro negro” (petróleo) es un error mundial ya que este recurso ha generado desbalances económicos que han llevado a varias guerras, es muy deseable por motivos ecológicos y por motivos humanos evitar el uso del petróleo.

En México es evidente una gradual merma en la soberanía y manejo de la política energética en lo que se refiere al modelo económico comparándolo con otros países como es el caso de Brasil (Petrobras).

Desde el año 1999 personalmente asisto a una exposición ambientalista llamada “Enviro Pro, Expo /TECOMEX ‘99” que se realiza anualmente, los últimos días del mes de septiembre en la Ciudad de México.

He observado como a través de los años el interés de unas cuantas personas y empresas preocupadas por el medio ambiente, difunden nuevos conocimientos que a través de la Expo los conocemos, desde tecnologías para reciclar unos cuantos gramos de (PET) y transformarlos en una prenda de vestir, hasta el uso del Gas Natural para sustituir el combustóleo para la generación de energía calorífica, como fue en ese mismo año.

En los últimos años las fuentes de energía renovables, como es el caso de la eólica, sin lugar duda han tenido trascendencia, por eso debemos aprovechar el recurso provocado por el viento.

México cuenta con un recurso eólico abundante, que supera al que poseen varios de los países industrializados, es una oportunidad que ofrece amplios beneficios.

La conservación del planeta y la ecología deben ser más que una moda, necesitan ser filosofía que rija la vida de los individuos y de las empresas. Ser ambientalista puede que no sea fácil, pero si queremos proteger nuestros recursos y el medio ambiente para las generaciones futuras, es necesario que hagamos un esfuerzo.

La implementación permanente del horario de verano podrá ser molesto para el cuerpo humano en un inicio, pero con el paso de los días, la situación del organismo se normaliza.

En cuestión de energía, la gente con la luz solar pasa esas horas pico (que son las horas que la mayoría de la gente tiene encendidos todos sus aparatos eléctricos) puede estar en la calle, realizando ciertas actividades por ejemplo en el parque, de

compras, no está en su casa y no consume electricidad y disminuirá gradualmente los KW/h. en su consumo bimestral.

En la actualidad no solo la energía eólica es la única fuente alterna de energía, existe la generada por fisión (nuclear), solar, biomasa, fotovoltaica, geotérmica, por ejemplo, debemos aprovecharlas lo más que se pueda y con ello reducir los costos en el sector de energía.

También en México debemos tomar conciencia y actuar de acuerdo a este refrán popular "NO LO QUE HICIMOS AYER, SI NO LO QUE VAMOS HACER HOY".

La comunidad Europea de puso como meta el año 2020, un 20 % de la energía que se consuma en ese continente, provenga de fuentes renovables, un reto que resulta loable y desde luego alcanzable.

Si en Europa se propuso este reto, ¿Por qué no se podrá hacer lo mismo aquí?

APÉNDICE.

- 1 ohmio internacional = 1,00049 Ω (unidad práctica CGSm)
- 1 amperio internacional = 0,99985 A
- 1 voltio internacional = 1,00034 V
- 1 culombio internacional = 0,99985 C
- 1 faradio internacional = 0,99951 F
- 1 henrio internacional = 1,00049 H
- 1 vatio internacional = 1,00019 W
- 1 julio internacional = 1,00019 J

Tabla 1.
MULTIPLoS Y SUBMULTIPLoS DECIMALES.

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Equivalencia</i>
tera	T	10 ¹²
giga	G	10 ⁹
mega	M	10 ⁶
kilo	k	10 ³
hecto	h	10 ²
deca	da	10
deci	d	10 ⁻¹
centi	c	10 ⁻²
mili	m	10 ⁻³
micro	μ	10 ⁻⁶
nano	n	10 ⁻⁹
pico	p	10 ⁻¹²
femto	f	10 ⁻¹⁵
atto	a	10 ⁻¹⁸

Tabla 2.
CANTIDADES, UNIDADES Y SÍMBOLOS BÁSICOS SI.

<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Símbolo</i>
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo*	segundo	seg
Corriente eléctrica	amperio	A
Temperatura termodinámica	grado Kelvin	°K
Intensidad luminosa	candela	cd

Tabla 3.
EQUIVALENCIAS DE ENERGÍA.

1 btu	= 252 calorías gramo = 1055 julios = $2,93 \times 10^{-4}$ kwh
1 julio	= 0,239 calorías gramo = 0.00095 btu = $2,78 \times 10^{-7}$ kwh
1 caloría gramo	= 4,189 julios = 0,00397 btu
1 watio	= 1 julio/seg = 0,239 cal/seg = 0,0569 btu/min = 0,00134 HP
1 Quad (btu)	= 10^{15} btu = $1,05 \times 10^{18}$ julios = $2,93 \times 10^{11}$ kwh

- ▶ 1 millón (10^6) btu equivale aproximadamente a:
 - 41 kg de producción de carbón bituminoso y lignito (1982)
 - 56,7 kg de madera secada al horno
 - 30,3 litros de gasolina para motor, o lo suficiente para mover un automóvil de tipo medio (norteamericano) unos 200 km (tasas de 1981)
 - 10 botellas de gas natural (seco)
 - 41,7 kg de propano
 - 1,2 días de consumo de energía *per cápita* en los Estados Unidos (tasas de 1982)
 - 2 meses de la energía de la dieta de un trabajador
 - 20 cajas (240 botellas) de vino de mesa
- ▶ 1 millón btu de combustible fósil quemado para producción eléctrica puede generar unos 100 kwh de electricidad, mientras que se necesitan unos 300 kwh de electricidad para producir 1 millón btu de calor.
- ▶ 1 000 billones (10^{15}) de btu equivalen aproximadamente a:
 - 40 millones de toneladas de producción de hulla y lignito
 - 54,4 millones de toneladas de madera seca
 - 353 000 millones de metros cúbicos de gas natural (seco)
 - 170 millones de barriles de crudo
 - 500 000 barriles/día de crudo durante un año
 - 35 días de importación de petróleo en Estados Unidos (tasas de 1982)
 - 30 días del consumo total de los automóviles de Estados Unidos (tasas de 1982)
- ▶ 1 barril de crudo equivale aproximadamente a:
 - 161,4 m³ de gas natural (seco)
 - 0,26 toneladas de producción de carbón bituminoso y lignito
 - 1 700 kwh de consumo de electricidad
- ▶ 1 tonelada de hulla o lignito equivale aproximadamente a:
 - 4 barriles de petróleo crudo
 - 633 m³ de gas natural (seco)
 - 6 600 kwh de consumo de electricidad
- ▶ 1 000 metros cúbicos de gas natural equivalen aproximadamente a:
 - 6,3 barriles de crudo
 - 1,6 toneladas hulla o lignito
 - 10 600 kwh de consumo de electricidad
- ▶ 1 000 kwh de electricidad equivalen aproximadamente a:
 - 0,59 barriles de crudo (aunque se necesiten casi 1,7 barriles para producir 1000 kwh)
 - 0,15 toneladas de hulla o lignito (aunque se necesiten 0,5 t para producir 1000 kwh)
 - 93,4 m³ de gas natural (seco) (aunque se necesiten casi 275 m³ de gas para producir 1000 kwh)
 - 103 litros de gasolina

Tabla 4.
ENERGÍA POTENCIAL DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES DEL MUNDO.

Combustible	Reservas*			Recursos **		
	Unidades Convencionales	kwh (x 10 ¹²)	julios (x 10 ¹⁹)	Unidades Convencionales	kwh (x 10 ¹²)	julios (x 10 ¹⁹)
Petróleo	996,1 x 10 ⁹ bs.	1 694	610	1 420 x 10 ⁹ bs	2 414	869
Gas Natural	96,32x 10 ¹² m ³	1 021	367	453 x 10 ¹² m ³	4 800	1 728
Crudos pesados y arenas asfálticas	748 x 10 ⁹ bs	1 272	458	4 000 x 10 ⁹	6 800	2 448
Turba	49 x 10 ⁹ t	269	97	236,22 x 10 ⁹ t	1 289	464
Carbón	971 x 10 ⁹ ton	6 511	2 344	7 677 x 10 ⁹ t	51 480	18 533
Pizarras bituminosas	-	-	-	345 x 10 ¹² bs	586 500	211 000

Consumo de energía EE. UU. en 1984 = 73,7x10¹⁵ btu = 21,6x10¹² kwh = 77,7 x 10¹⁸ julios
Consumo mundial de energía en 1983 = 280,1x10¹⁵ btu 0 82,1x10¹² kwh = 295,2 x 10¹⁸ julios

* Base para calcular la energía en kwh:

1 barril de petróleo (bs) = 1 700 kwh = 6 120 x 10⁶ julios;

1 000 pies cúbicos de gas = 28,31 m³ de gas = 300 kwh = 1080 x 10⁶ julios;

1 t de turba = 5 370 kwh = 19,332 x 10⁶ julios;

1 t de carbón = 7 270 kwh

** Las estimaciones de los recursos varían mucho. Los valores reseñados sólo deben tomarse como orden de magnitud.

BIBLIOGRAFÍA.

Arduino Teresa (Mayo 2010). Energía Lucha con Gigantes. Manufactura. Año 16, Número 179, Pág. 38-47.

Craig, Vaughan, Skinner (2007). Recursos de la Tierra; Origen, Uso e Impacto Ambiental. Ed. Pearson. Tercera Edición. España. Pág. 21-23, 155, 215.

Copca Gerardo (2005). Electricidad. Mundo Ejecutivo. Edición Especial. México. México y Sus Empresas 2003-2004. Ed. Expansión México. Pág. 76-80.

Difilippe Mercedes (1987). Alianza Entre Ciencia y Tecnología e Industria. Ed. Trillas. Toma 5. México. Pág. 9-18.

Drucker Colín René. Programa de televisión. ¿Cómo ves? Foro TV. Canal 4 Televisa. 18 de Junio del 2011. Energías Renovables.

Espino Suárez Mayra (Abril del 2010). El Dilema de la Reforma Eléctrica en México. Energía Hoy. Año 7, Número 73. México. Pág. 28-29.

Flores Medina Elena (2005). Petróleo y Gas. Mundo Ejecutivo Edición Especial. México y Sus Empresas 2003-2004. Ed. Expansión. México. Pág. 66-74.

Ganen Enrique, Programa de Radio "El Explicador ". MVS Radio 102.5 FM. 6 de Mayo del 2011. Energías Renovables.

Harper Enrique (2009). Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica. Ed. Limusa. México. Pág. 237-297.

Johsen Mary Ruth (Agosto 2010/ Verano). (Editorial) Welding Journal. Estados Unidos de América. Pág. 4.

Montoya Alberto y Otros (2004). México Hacia el 2025. Tomo 2. Centro de Estudios Estratégicos Nacionales. Ed. Noriega Editores. México. Pág. 233-366, 367-384.

Perales Tomás (2007). Guía del Instalador de Energías Renovables. Ed. Limusa. México. Pág. 69-89.

Reyes Edna (Abril 2010). Los Cultivos Invernales de Invierno Dan Fruto en Oaxaca. Energía Hoy. Año 7, Número 73. Pág. 42-45.

Rodarte Mario E. El Financiero; Desde El Pupitre, Número 7954. México. D.F. Miércoles 25 de Noviembre del 2009. Año XXIX. Pág.12.

Rodríguez Padilla Víctor (Junio 2011). Seguridad Energética y Electricidad. Energía Hoy. Año 8, Número 87. Pág.24.

Roemer Andrés. Programa de televisión. "Pensar México." Proyecto 40 (Televisión Azteca). 16 de junio del 2011. Energía Limpia.

Sánchez Víctor. Global Energy The Journal of The Power Resources: Estado y Perspectivas de la Energía Eólica. Número 27. México. D.F. Septiembre del 2010. Año 3. Pág. 64-65.

Spiegel Eric (2010). La Nueva Era del Cambio Energético. Ed. Mc Graw Hill. México, Pág. 129-130.

Tobar Jorge (Enero 2009). Mejora continua (Su visión ambiental). Manufactura. Año 15, Número 163. Pág.26-31.

Turk Turk Wittes (1973). Ecología, Contaminación, Medio Ambiente. Ed. Interamericana. México. Pág. 57-61.

Vargas Rocío (2007). Dos modelos de Integración Energética (América del Norte/ América del Sur). Centro de Investigaciones Sobre América del Norte. Ed. UNAM. México. Pág. 127-133, 165-177.

Viejo Zubicaray (2010). Energías Eléctricas y Renovables. Ed. Limusa. Cuarta Edición. México. Pág. 277-311.

Villegas Dávalos Raúl (2004). La Devastación Imperial del Mundo. Ed. Universidad de la Ciudad de México. Primera Edición. México. Pág. 40-43, 51-52.

La Eólica Apenas Si "Pinta "en la Matriz Energética (Mayo 2011). Energía Hoy. Año 7, Número 84. Pág. 40-41.

Editorial. (Consumo energético esbelto). Febrero 2011. Manufactura. Año 17. Número 188.

Soluciones con Energías Renovables (Abril-Junio 2011). Schneider en Línea. Número 42. Pág. 20-23.

Boletín IIE (Instituto de Investigaciones Eléctricas). Automatización de la Distribución. Año 35. Vol. 35. Número 2. Pág. 47.

Exposición Internacional. "THE GREEN EXPO ". (Global Resources Enviromental & Energy Network). 28-30 de Septiembre del 2010. Word Trade Center. México D.F.

Expo Eléctrica Internacional. 1-3 Junio del 2011. Centro Banamex. México D.F.

6to.Simposium Latinoamericano de la Energía 2011. 10 y 11 de Agosto del 2011. Centro Banamex. México D.F.

