LA REVISTA SOLAR
ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR, A. C.

ISES
Sección Mexicana de International Solar Energy Society

Consejo XII Número 51 Octubre 2004

La Revista Solar

EL PAPEL DE LA ANES COMO ORGANIZACION NO GUBERNAMENTAL EN EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

OAXACA, EL VIENTO Y LA VISIÓN DE JOSÉ MURAT: PEQUEÑA CRÓNICA CON NOMBRES Y APELLIDOS

LA ENERGÍA EÓLICA: USOS, APLICACIONES Y DESARROLLO EN MÉXICO

PROYECTO EÓLICO

CORREDOR EÓLICO DEL ISTMO: 4 AÑOS DE ESFUERZO

ANES

www.anes.org

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGIA SOLAR

ANES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

XXIX Semana Nacional de Energía Solar

Cursos técnicos
Exposición industrial
Concurso de dibujo infantil
Concurso estudiantil de prototipos para el aprovechamiento de las energías renovables

Sesiones técnicas
Conferencias magistrales
Mesas redondas

3 al 7 de octubre del 2005

Tuxtla Gutiérrez
Chiapas, México

ISES

Contacto e informes:
www.anes.org

XII CONSEJO DIRECTIVO

M. I. Eduardo A. Rincón Mejía
Presidente
rinconsolar@hotmail.com

Dr. David Morillón Gálvez
Vicepresidente
damg@pumas.iingen.unam.mx

Ing. Ricardo Saldaña Flores
Secretario General
rsf@iie.org.mx

Ing. Rodolfo Martínez Strevel
Tesorero
strevel@avantel.net

Dr. Yasuhiro Matsumoto K.
Secretario de Organización
ymatsumo@mail.cinvestav.mx

M. I. Álvaro Lentz Herrera
Secretario de Vocalías
alh@pumas.iingen.unam.mx

Dr. Arnoldo Bautista Corral
Secretaria de Asuntos Internacionales
abautista@cenidet.edu.mx

Dr. José Ismael Arcos Quezada
Secretario de Publicaciones
iarcos@fi.uaemex.mx

M. I. Fernando Vera Noguez
Secretario de Secciones Regionales
fvera@imcyta.org

Ing. Sven Feldhaus M.
Secretario de Asuntos Industriales
imprema@avantel.net

Frau Helga Jaeger
Secretaria de Educación y Divulgación hejag@mail.udg.mx

M. I. Odón de Buen Rodríguez
Secretario de Planeación
demofilo@prodigy.net.mx

Dr. Claudio Estrada Gasca
Representante ante el BOD de la ISES cestrada@cie.unam.mx

M.C. B. Bricia Carreón Guardado
Directora Ejecutiva
anescomite@anes.org

M.C. Roble Leonel Glez. Urbieta
Webmaster
roble@anes.org

CONTENIDO

MENSAJE DEL PRESIDENTE 2

EDITORIAL 2

EL PAPEL DE LA ANES COMO ORGANIZACION NO GUBERNAMENTAL EN EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES 3

OAXACA, EL VIENTO Y LA VISIÓN DE JOSÉ MURAT: PEQUEÑA CRÓNICA CON NOMBRES Y APELLIDOS 5

LA ENERGÍA EÓLICA: USOS, APLICACIONES Y DESARROLLO EN MÉXICO 7

PROYECTO EÓLICO 14

CORREDOR EÓLICO DEL ISTMO: 4 AÑOS DE ESFUERZO 18

MENSAJE DEL PRESIDENTE

Estimados amigos:

La XXVIII Semana nacional de Energía Solar superó todas las expectativas. Nuestros ilustres visitantes de otros países y otras entidades federativas de nuestro país se fueron más que satisfechos y con el compromiso de no perderse ninguna más de las Semana Nacionales de Energía Solar.

Los comentarios que recibí de muchísimos colegas fueron en el sentido de Que nunca antes habíamos contado con la presencia de un Sr. Gobernador en la Cena de Gala (que en esta ocasión además fue ofrecida por él mismo y Llevada a cabo en su Casa de Gobierno), que diariamente tuvimos festejos acompañados por excelente música, desde marimbas, hasta orquesta formal, pasando por bandas, mariachis y hasta colegas algo desafinados pero muy contentos por el ambiente de camaradería internacional y la disponibilidad en todo momento del mejor trago del mundo: el mezcal.

Por primera vez se realizaron en forma concurrente, nuestra Semana Nacional de Energía Solar ANES y el Simposio Internacional SolarPACES gracias al entendimiento, buena voluntad y cooperación entre la ANES A. C. y SolarPACES de la Agencia Internacional de Energía. Agradezco en particular al Dr. Jorge Huacuz, chairman de este simposio el haber aceptado realizar los dos Eventos en conjunto. En consecuencia, los asistentes a ambos, tuvieron así la oportunidad de compartir sus experiencias y sus conocimientos de una manera mucho más amplia.

Las Conferencias Magistrales de la SNES fueron más que excelentes. Además, el primer Conferencista Magistral se comprometió a traer a nuestro país (a Veracruz en 2006) el Congreso de la División de Energía Solar de la ASME (el más sólido desde el punto de vista académico y científico), el segundo quedó como Chairman del próximo Symposium SolarPACES a celebrarse en Sevilla, también en 2006, en donde los mexicanos que vayamos seremos muy bien atendidos en reciprocidad a las atenciones que recibieron en Oaxaca.

Asimismo, para Chiapas 2005 tendremos una nutrida delegación de Nuevo México, de Florida y California, de Centroamérica y el Caribe, y del resto del mundo.

Todo lo anterior fue gracias al esfuerzo de muchísima gente, comenzando por el Comité Local de Organización, encabezados por el Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Estado de Oaxaca, Ing. Juan José Moreno Sada, El Lic. e Ing. Fernando Mimiaga, por todo su equipo que siempre estuvo presente, por el apoyo del Sr. Gobernador José Murat y de las numerosas dependencias del Gobierno del Estado de Oaxaca, por el apoyo del ITO, del ITI, de la UABJO, de la UVas, etcétera.

Las muchas horas de trabajo preparando memorias, programas, artículos y toda la parafernalia que implica un congreso de esta magnitud, creo que se vieron recompensados al poder ofrecer a nuestros asociados y demás visitantes, un evento de primera categoría que no olvidarán. Agradezco encarecidamente al Dr. Yasuhiro Matsumoto el haber aceptado el cargo de Secretario de Organización en el XXII Consejo Directivo que he tenido el honor de presidir.

Muchas gracias a todos ustedes que hicieron posible tan estupendo congreso.

Fraternalmente,
Eduardo Rincón
Presidente de la ANES

EDITORIAL

Reflexiones sobre el papel de la ANES como organización no gubernamental en el fomento de las energías renovables, documento importante que se presentó en Bonn Eduardo Rincón Mejía.

Este número de la revista solar tiene como tema central la energía eólica, actualmente la energía eólica compite en costo de generación con la energía eléctrica, cuya base de generación es el gas, si los precios de dicho energético siguen aumentando, las energías renovables podrán ser la alternativa inmediata, sobre todo la eólica y la biomasa, por el gran potencial que se tiene, sobre todo en el caso de la eólica en el Estado de Oaxaca. Ante ello se edita este número con objeto de dar a conocer el desarrollo del área, el potencial, los proyectos y el futuro de la energía eólica.

Se han escogido una serie de artículos representativos sobre el tema, además de presentar sistemas híbridos para evitar o disminuir la intermitencia en el despacho de energía eléctrica generado con eólica, motivo de descalificación de parte del sector oficial.

Los siguientes artículos permitirán una visión integra sobre el tema:

Oaxaca, el viento y la visión de José Murat: pequeña crónica con nombres y apellidos

La energía eólica: usos, aplicaciones y desarrollo en México

Proyecto eólico

Corredor eólico del istmo: a cuatro años de esfuerzos

Erick Morales P.
David Morillón G.

EL PAPEL DE LA ANES COMO ORGANIZACIÓN NO GUBERNAMENTAL EN EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Eduardo A. Rincón Mejía

Asociación Nacional de Energía Solar

Para algunos investigadores, catedráticos, profesionistas, ambientalistas, economistas y demás, es perfectamente claro que las fuentes renovables de energía son las únicas fuentes energéticas conocidas que pueden asegurar un futuro sostenible. Con ellas es técnica y económicamente factible satisfacer todas nuestras necesidades energéticas presentes y futuras por varias generaciones sin deteriorar el ambiente. Además, su empleo masivo sería el detonante para un desarrollo industrial, científico y tecnológico, se generarían miles de empleos permanentes bien remunerados y se lograría un arraigo de la gente del campo en sus tierras, entre un sin número de beneficios más. Sin embargo, aunque algunos pocos centenares de mexicanos están plenamente conscientes y han estudiado con profundidad la insustentabilidad e inconvenientes del actual sistema energético, sólo recientemente ha comenzado a haber un convencimiento generalizado entre la población y sus gobernantes, de la imperiosa necesidad de transitar hacia un sistema energético basado en las fuentes renovables de energía.

Pocos sabían que Alemania, con un territorio de alrededor de una quinta parte de la extensión de México, y con menos de la décima parte de litorales, cuenta con una capacidad instalada para generar electricidad superior 15 mil megavatios, que es más de la tercera parte de la capacidad total de México (que incluye termoeléctricas, hidroeléctricas, nucleoeléctricas y demás sistemas convencionales) para generar energía eléctrica. Menos aún sabían que la relación beneficio/costo de la mayoría de los sistemas solares para el calentamiento de agua es en general **superior a cinco**, lo que los hace extremadamente rentables. A pesar de esto, tenemos menos de 5 metros cuadrados de colector solar plano por cada mil habitantes, mientras que para Austria, un país con mucha menor insolación, la cifra correspondiente es superior a 240 m^2 por millar de habitantes.

Para completar este pésimo panorama, el pasado año se instalaron más de 600 mil calentadores de agua para uso doméstico que queman gas LP o natural. Muchos ignoran que aprovechamos menos de la diezmilésima parte del potencial económicamente viable para generar electricidad con la energía del viento, con la tecnología actual. Tampoco es bien conocido que si se utiliza únicamente la mitad del espacio disponible en la azotea de una casa de interés social para instalar módulos fotovoltaicos comerciales, la energía eléctrica generada es mayor a diez veces el consumo diario de electricidad de dicha casa.

México es un país muy privilegiado en cuanto a sus recursos energéticos renovables, sin embargo, más del 90% de su energía primaria proviene de combustibles fósiles y se sigue apostando al gas natural para alimentar las futuras termoeléctricas de ciclo combinado con las que se pretende satisfacer la creciente demanda de electricidad. Si bien esto se ha justificado con las grandes ventajas, tanto ambientales como económicas, del gas natural contra el combustóleo y otros derivados pesados del petróleo, se tiene el inconveniente de la alta volatilidad de su precio, de la carencia de reservas mexicanas probadas que garanticen su suministro, y de que el principal constituyente del gas natural es el metano, que tiene una contribución al efecto de invernadero decenas de veces mayor que el dióxido de carbono, molécula contra molécula, que es el gas que ambientalmente más preocupa en la actualidad. Por eso es urgente buscar otras opciones que nos permitan seguir aumentando la oferta energética eliminando los puntos vulnerables del sistema energético nacional. Esto es perfectamente posible si se recurre a inversiones sostenidas para incrementar la generación de electricidad mediante sistemas que aprovechen las de fuentes renovables de energía, que ya han probado ser rentables, confiables y maduras.

La situación ideal en cualquier país del mundo para lograr el tránsito del actual sistema incompatible con la preservación del ambiente a otro sustentable, sería que tanto el público en general como sus gobernantes estuviesen plenamente conscientes e informados del gravísimo problema ambiental, social y económico que enfrentamos con los esquemas actuales, y tomasen todos las más efectivas acciones a su alcance para revertir el deterioro y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del planeta. Muchas de estas acciones se están proponiendo con insistencia en la presente Conferencia Internacional sobre Energías Renovables, que incluyen una importante transferencia, desde los países desarrollados a los en vías de desarrollo, de tecnología y recursos económicos para el financiamiento de los grandes sistemas. En México las más rentables inversiones por realizar son sin duda alguna las relativas al empleo masivo de las fuentes renovables de energía, debido a la vastedad de los recursos renovables del país, la madurez de las

tecnologías, la conciencia ambiental y la voluntad política del gobierno mexicano para apoyar a los inversionistas.

En todo el mundo en general, los gobernantes y los grandes tomadores de decisiones actúan con base en una economía un tanto distorsionada al no considerar los costos ambientales y de salud al evaluar el costo del kW-hora eléctrico generado, que son finalmente pagados por toda la población, pero que hacen aparecer a las fuentes convencionales de energía como más rentables que las renovables. No debe extrañar entonces que la gran mayoría de los planes nacionales de energización desdeñen a las fuentes limpias de energía. Es aquí en donde quizás las organizaciones no gubernamentales juegan su papel más importante al tratar de subsanar, de una manera propositiva, realista y respetuosa, las posibles omisiones de las entidades gubernamentales, tanto en materia de difusión, educación, demostración y promoción del aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. Para desgracia del mundo, existen ONG dedicadas a la promoción de las fuentes fósiles de energía que tienen presupuestos muy sólidos y una gran capacidad de cabildeo, superiores al de las ONG que trabajan por un desarrollo energético sustentable.

Peor aún, históricamente el empleo de combustibles fósiles y nucleares ha sido privilegiado políticamente. Por ejemplo, el Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares de 1970 promueve la "aplicación pacífica de la energía atómica", al igual que la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Además, la Agencia Internacional de Energía fue establecida luego de la crisis petrolera de 1973 para asegurar el abastecimiento de petróleo a los países de la OECD. Esta situación tiene que ser urgentemente revertida.

Ahora bien, en el caso de México, existen muy pocas organizaciones no gubernamentales que abordan el fomento de las energías renovables en forma consistente y con una larga permanencia, como la Asociación Nacional de Energía Solar A. C., que tiene cerca de 30 años en la promoción y estudio de las fuentes renovables de energía. En los próximos cinco meses la ANES celebrará cuatro congresos internacionales, entre ellos su XXVIII Congreso Anual de Energía Solar. La ANES sistemáticamente ha tratado de tender puentes entre la sociedad civil y los tres niveles de gobierno, en lugar de confrontarse con éstos. Hace ocho años formó con la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (entidad gubernamental ahora desconcentrada de la Secretaría de Energía) el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), cuyo nombre revela su finalidad. Además, conjuntamente con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (de la SAGARPA) ha establecido un convenio de colaboración para la capacitación de centenares de técnicos en sistemas fotovoltaicos para el bombeo, además de la realización de un Congreso Mundial cuyo tema es el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía para el mejoramiento de las microcuencas y la preservación del ambiente. A este congreso han sido invitados tres Secretarios de Estado y está prevista su inauguración por el Sr. Presidente de la República. La ANES tiene miembros en las 32 entidades federativas del país, y se busca que cada uno de ellos sea un decidido promotor de las energías renovables.

Como ejemplo de ONG, la ANES intenta alcanzar sus metas planteando estrategias, desarrollando y promoviendo la investigación científica y técnica sobre las fuentes renovables de energía, e incidiendo en la socialización del conocimiento de éstas. Asimismo, promueve la promulgación de una legislación para su adecuado aprovechamiento en beneficio de población. Todo lo anterior se ha logrado sin comprometer la autonomía e independencia de la asociación como organización no gubernamental. La ANES es además la Sección Mexicana de la *International Solar Energy Society*, seguramente la ONG internacional más importante y comprometida en la promoción de las FRE, que por cierto tiene sus oficinas centrales en la ciudad alemana de Freiburg. La ISES por su parte ha presentado el pasado mes de noviembre su ***Libro Blanco de las Energías Renovables***, en donde se presentan las acciones de política energética, así como las bases para transitar hacia un sistema energético mundial basado en las Fuentes Renovables de Energía.

Hoy en día existen por todo el mundo ONG de todo tipo, las hay de las muy buenas pero también hay de las muy malas, su bondad depende de qué objetivos persigan, quiénes participen en ellas y su trayectoria a lo largo de los años. Desde el punto de vista de la ANES, las mejores son las que buscan: elevar la calidad de vida de la humanidad, la preservación del ambiente, la búsqueda de la paz, la convivencia en un mundo que comparta el conocimiento y la tecnología para resolver los viejos y nuevos problemas de la humanidad. Son estas ONG las que están comprometidas con el fomento de las fuentes renovables de energía, y afortunadamente cada año su número y fortaleza crece por lo que cabe albergar la esperanza de que hay un futuro para nuestro planeta. Desde luego que no debe renunciarse al ideal de que además de las ONG, las dependencias gubernamentales, los industriales, los comunicadores, los líderes de opinión, los maestros, los estudiantes, los trabajadores, en fin todos, trabajemos en la misma dirección. Esto nos ahorraría mucho sufrimiento y nos permitiría, a los que ya somos de edad avanzada, alcanzar a ver y disfrutar un mundo mucho mejor, para legarlo a las futuras generaciones.

OAXACA, EL VIENTO Y LA VISIÓN DE JOSÉ MURAT: PEQUEÑA CRÓNICA CON NOMBRES Y APELLIDOS

Odón de Buen R.

ENTE
Energía, Tecnología y Educación, S.C.
www.funtener.org

Las grandes transformaciones son resultado de muchas voluntades. Sin embargo, hay voluntades individuales que son claves en esos procesos. En esta nota me voy a permitir, con riesgo de errores y omisiones importantes—que tomo porque el asunto lo vale—, el recrear, a través de los personajes que yo he conocido y de la historia que me ha tocado vivir, un proceso que es y será muy importante en la historia del sector energético de México.

Seguramente la mayoría de ustedes conoce del gran potencial de aprovechamiento del viento que existe en Oaxaca, en la región conocida como La Ventosa, por allá por la tierra de las mujeres fuertes, por allá de Juchitán y Salina Cruz. En La Ventosa los vientos son tan fuertes que a las cruces de los cementerios les tienen que construir casitas para que no se caigan. Para un ingeniero con un poco de imaginación el lugar es claramente un enorme yacimiento energético, una mina de oro energética. Por algo algunos le llamamos a La Ventosa El Dorado del viento.

Habiendo conocido el lugar, la primera persona que me habló como ingeniero de La Ventosa fue Enrique Caldera, un entusiasta inagotable (quizá como el mismo viento) del tema que trabajó en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y que hoy día es consultor y predicador (del dios del viento). A Enrique, con quien más de una vez he diferido sobre el cómo empujar estas cosas, le reconozco su tesón y su visión y él, para mí, es quien trajo al mundo de los energéticos soñadores la idea de aprovechar La Ventosa.

Aquí cabe dar crédito a mi maestro y amigo, José Luis Fernández Zayas, quien como visionario pastor de rebaños sagrados—con una que otra oveja negra—fundó la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y abrió un espacio que ha sido trinchera para quienes hemos soñado en un México que aprovecha más al viento (y al sol) y depende menos del petróleo.

De ese rebaño resalta alguien que, a veces disfrazado de oveja negra, no deja que su ánimo de independencia se achique porque otros pensamos que los caminos son otros. Jorge Huacuz, de esa manera, ha logrado mantenerse al frente de iniciativas muy importantes en el campo del aprovechamiento de la energía del viento y, golpeando pacientemente el mismo clavo cientos de veces, ha logrado mover lo que otros sólo imaginamos. Lo curioso, sin embargo, es que él—y nosotros también—le debe a alguien que se cruzó en su camino casi por accidente el haber llevado al Gobierno de Oaxaca, entrando por la puerta grande, la idea de tomar cartas en el asunto de aprovechar los aires de La Ventosa.

Es aquí donde entra lo anecdótico. Resulta que por allí andaba un sabio mexicano, especializado en temas que a veces parecen de ciencia ficción que, por circunstancias que no vienen al caso, terminó siendo el responsable de los temas de energías no convencionales en el IIE—y, por lo tanto, jefe de Jorge Huacuz. Don Ángel Fierros, hijo pródigo de—precisamente—Oaxaca (Pochutla) es ese personaje y la vida—y su espíritu amable—le han dado muchos amigos en lugares importantes. Yo no sé cómo habrá sido el primer encuentro entre jefe y subalterno pero me gusta la idea de imaginarme el momento en el que, quizá en la oficina del Dr. Fierros, el Dr. Huacuz fue abriendo las nubes del cielo para que la luz clara del sol iluminara el espacio de la oficina y don Ángel se diera cuenta de que había llegado a un lugar donde podía hacer algo importante para su estado natal. Puedo imaginarme también al Dr. Fierros pidiendo de inmediato cita en la Casa de Gobierno del Estado de Oaxaca para venderle la idea a Don José Murat.

Fue seguramente la información que le pusieron en la mesa a Don José Murat los doctores Fierros y Huacuz lo que llevó al Gobernador a entender la importancia y la trascendencia del aprovechamiento del viento en Oaxaca. En este sentido, Don José tomó una decisión que ningún gobernador había tomado antes (en ningún estado) que fue la de empujar el programa más amplio jamás considerado en México de aprovechamiento de energías renovables a nivel de un estado: el llamado Corredor Eólico del Istmo. Aquí el Gobernador Murat reconoció—obviamente apoyado en los argumentos de Don Jorge y Don Ángel—varios aspectos estratégicos importantes entre los que resaltan dos: (1) la posibilidad de que Oaxaca se convierta en productor de energía eléctrica mayor con exportación al resto del país y (2) que Oaxaca se convierta en potencia tecnológica alrededor del desarrollo y la manufactura de la tecnología asociada al aprovechamiento del viento.

Para empujar el proyecto puso a cargo del mismo a dos personajes muy comprometidos con Oaxaca: el Ing. Juan José Moreno Sada y el Ing. Fernando Mimiaga. Sin pretender minimizar el papel del Don Juan José—que es responsable de muchas cosas—considero que hay que reconocer a Don Fernando Mimiaga como el motor del proceso que arranca el Gobernador Murat. Hombre incansable que gana las batallas con su capacidad de aguante (no en vano fue diputado federal), Fernando ha sido la cara del proyecto en Oaxaca, en el DF, en Europa, en los Estados Unidos y—exagerando un poco—en El Vaticano y La Mecca.

Fue el Ing. Mimiaga quien fue llevando a todo el mundo al Istmo. Lo

mismo españoles, que franceses, que mexicanos y que americanos, Fernando los llevó a Oaxaca a sentir el viento y mostrar la voluntad del Gobierno del Estado. Entre las primeras personas que llevó, debo anotar, fue alguien tan entusiasta y terco como él que ya había estado allí y muchas veces: el Ing. Carlos Gottfried.

Carlos Gottfried, de familia de industriales eléctricos, es, como muchos de los hombres que ya mencioné, alguien vanguardista y visionario. Es también—afortunadamente—extraordinariamente terco. Sin querer ofenderlo, ha sido gracias a esa virtud personal de Carlos que muchas cosas se han hecho posibles. Uno es el Colibrí, un aerogenerador que se fabrica en Ixtapalapa desde hace varias décadas. El otro es el instrumento regulatorio que desarrolló la Comisión Reguladora de Energía para que las fuentes renovables intermitentes—como el viento—puedan ser consideradas de manera especial en sus interconexiones con la CFE y que han hecho financieramente factibles a varios proyectos eólicos bajo la modalidad de autoabastecimiento.

La verdad es que Carlos no estuvo sólo y tuvo de cómplice a alguien que, mientras fue Secretario de Energía, mantuvo en su escritorio un pequeño aerogenerador para "no olvidarse de su importancia". Pues sí, fue después de una junta de ANES con Ernesto Martens—en la que Carlos Gottfried le soltó la historia de su largo Vía Crucis en búsqueda de su primer proyecto—que Don Ernesto encargó a Dionisio Pérez Jácome (presidente de la Comisión Reguladora de Energía) el hacer algo. Es aquí donde aparece otro personaje, un hombre discreto y trabajador que se encarga de los temas eléctricos en la CRE y quien, entiendo, se encarga de producir el famoso instrumento regulatorio: el Dr. Alejandro Peraza.

No recuerdo bien si fue en el 2001 o el 2002—en el coloquio que organizan los ingenieros Moreno Sada y Mimiaga en Oaxaca cada año—que el Dr. Peraza presentó el instrumento regulatorio. El hecho es que esto abrió la cancha para que Gottfried se animara a seguir adelante con un proyecto para la empresa Cruz Azul y que otro personaje—antiguo luchador sindical en el espacio de lo nuclear y hoy día, desgraciadamente, en una largo proceso de recuperación que, ojalá, ocurra pronto—se anime a promover otros proyectos: Arturo Whaley.

Este proceso, cabe anotarlo, ha tenido otros actores. Por supuesto están los presidentes de ANES, desde Claudio Estrada hasta Eduardo Rincón (pasado por Roberto Best y Rubén Dorantes). Igual está por allí Don Francisco Barnés, que tomó por allí unas ideas de un soñador y las convirtió en un proyecto del Global Environmental Facility. También están los responsables de la asistencia técnica de Estados Unidos, Alemania y España a México, quienes han apoyado viajes de allá para acá y de acá para allá y que, como en el caso del National Renewable Enery Laboratory, han tenido frutos como la evaluación del recurso eólico en el área (que ha mostrado que los soñadores como Enrique Caldera y Eduardo Rincón tenían razón sobre el gran potencial de viento en México).

También, más recientemente, Don Alfredo Elías Ayub—hombre prudente que no actúa si no está convencido—dio luz verde al que será, quizá, el primer proyecto eólico mayor en México. Cabe anotar aquí que la CFE tiene la mayor capacidad eléctrica a partir de viento en el país (1.6 MW) y que, no hay que olvidarlo, está allí gracias al Dr. Gerardo Hiriart LeBert, hombre que ha dedicado muchos años de su vida profesional a empujar estas (y otras) alternativas tecnológicas.

Han pasado, pues, más de cinco años y en La Ventosa soplan vientos renovados. Hace unas semanas, en Huatulco se volvió a reunir esta comunidad y se renovó el compromiso de muchos a seguir adelante con el proyecto y así plantearlo al sucesor de José Murat en la Gubernatura. Seguramente, la visión de Murat será asumida por Ulises Ruiz, Gobernador Electo del Estado de Oaxaca. Como antorcha olímpica—ahora que está de moda—se pasará a otras manos el liderazgo de este proyecto. Como se ha anotado aquí—seguramente con algunas inexactitudes y no pocas injusticias a muchos que debí anotar o que anoté de menos—muchos estaremos muy atentos y muy dispuestos a que esa llama no se apague, aún y con los fuertes vientos que nunca dejan de soplar por el Istmo.

LA ENERGÍA EÓLICA: USOS, APLICACIONES Y DESARROLLO EN MÉXICO

Ricardo Saldaña Flores, Raúl González Galarza

Instituto de Investigaciones Eléctricas

En el presente trabajo se hace una breve reseña histórica del aprovechamiento de la energía eólica, desde los albores de nuestra civilización hasta la época actual. El documento describe asimismo el proceso evolutivo que han sufrido estos sistemas conversores de energía eólica (SCEE) a través del tiempo, tanto en el aspecto propiamente de concepto, como en el relacionado con la tecnología inherente a su construcción y el uso final de la energía. Desde el molino Persa para la molienda de grano (600 d.C.), hasta los actuales y modernos aerogeneradores para la generación de electricidad en gran escala.

Se describe el concepto físico y la manera de calcular la energía contenida en el viento, abordando el tema de la medición de éste con propósitos de cuantificación del potencial eoloenergético en un sitio determinado. Para ello se hacen algunas recomendaciones sobre las características y configuración de las estaciones anemométricas. Y la manera de calcular y utilizar la función de densidad de probabilidad (FDP) de Weibull para la estimación de la producción de energía útil en un sitio.

Asimismo, el documento enumera los diferentes usos finales que tiene la energía eólica, así como su ámbito de aplicación. No obstante que los dos principales ámbitos de aplicación de los SCEE son el bombeo de agua y la producción de electricidad, a pequeña y mediana escala, existen diferentes conceptos constructivos de los SCEE, tecnologías de construcción y configuraciones de los sistemas en su conjunto que los hacen más idóneos para cubrir cada tipo de aplicación en particular.

En el tema de generación eoloeléctrica a gran escala, el documento refiere tanto los avances tecnológicos alcanzados en aspectos puramente técnicos, como los alcanzados en el tema normativo y económico. Así como las perspectivas y las principales acciones que ha emprendido el gobierno mexicano en el tema de generación eoloeléctrica.

Introducción

El uso de la energía del viento se remonta a los albores de nuestra civilización. Los actuales sistemas que aprovechan la energía eólica son el resultado de un desarrollo evolutivo. La referencia más antigua sobre el uso del viento para la navegación a vela procede del imperio egipcio y data del quinto milenio a.C.; de manera similar a los desplazamientos por el río Nilo, los sumerios se trasladaban por los ríos Tigris y Eufrates usando la fuerza del viento.

Uno de los principales usos del molino de viento que se ha conservado hasta nuestros tiempos es de la molienda de granos, se cree que el primero de estos sistemas surgió en Persia (600 d.C.) y constaba de una torre que permitía el paso del viento. El movimiento de las aspas se transmitía a unas muelas cuya posición era adaptada a las diversas necesidades de molienda mediante una cuña.

En el Mediterráneo los molinos de viento eran de uso común poco antes del año 1200 d.C. así como también lo eran en la península Ibérica. El molino tomó características muy específicas de la región del Mediterráneo. Los palos con las velas se insertaban en el rotor, adaptándose a la velocidad del viento soltando o recogiendo la vela, cosa que ya conocían muy bien los navegantes. Para lograr una mejor estructura del rotor las velas se unían al rotor mediante tirantes, el rotor era fijo y por ello no se podía orientar conforme la dirección del viento, así que se limitaba solo a aprovechar los vientos perpendiculares a las aspas, como respuesta a esta limitación se montó el rotor sobre una torre de mampostería en la que en la parte superior se encontraba una cúpula orientable en la cual residía un mecanismo de transmisión.

A partir de los siglos XII a XIII empieza a generalizarse el uso de los molinos de viento para el bombeo de agua y la molienda de grano, los más antiguos aparecieron en Turquía, Irán y Afganistán.

A principios del siglo XII en Europa se empleó una gran cantidad de molinos, sobre todo en Bélgica y en los Países Bajos. En Holanda los molinos tenían 4 aspas de lona, mientras que los de Baleares y Portugal 6, y los de Grecia, 12. Los molinos con gran número de palas tenían velocidades de rotación relativamente bajas y un funcionamiento útil a partir de velocidades del viento del orden de los 2 m/s.

El desarrollo de los molinos de viento se ve interrumpido con la revolución industrial y la utilización del vapor y los combustibles fósiles como fuentes de energía. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XIX tiene lugar uno de los más importantes avances en la tecnología del aprovechamiento del viento, con la aparición del popular "Molino tipo americano", utilizado para bombeo de agua prácticamente en todo el mundo, y cuyas características habrían de sentar las bases para el diseño de los modernos sistemas eólicos.

Entre las dos guerras mundiales aparecieron los proyectos de grandes aerogeneradores de dos o tres palas, como consecuencia de los progresos técnicos de la aviación. En esta época se tendió a construir los de dos palas, ya que resultaban mas baratos. Incluso se pensó en utilizar una sola pala equilibrada con un contrapeso. Actualmente predominan los sistemas de tres palas. Estos giran más rápidamente que los multipalas, lo cual constituye una ventaja cuando se trata de alimentar máquinas de gran velocidad de rotación como los generadores eléctricos.

Por lo que respecta a los aerogeneradores de eje vertical, éstos tienen la ventaja de adaptarse a cualquier dirección del viento, sin necesidad de dispositivos de orientación.

En Francia, en 1929, una compañía electromecánica construyó e instaló en Bourget un aerogenerador de dos palas de 20 metros de diámetro. El aparato fue destruido por las ráfagas de viento.

Rusia puso en funcionamiento en 1931, en Crimea, un aerogenerador de 30 metros, que habría de proporcionar 100 kW a la red de Sebastopol, la media durante dos años fue de 32 kW.

En 1941 Estados Unidos construyó un bipala de 53 m de diámetro, previsto para una potencia máxima de 1,250 kW que se instaló en Vermont. Las primeras pruebas, iniciadas en octubre de 1941 continuaron durante unos 15 meses. Un pequeño incidente en 1943 bloqueó la máquina durante dos años, ya que las dificultades ligadas a la guerra retrasaron la fabricación de piezas nuevas. Vuelto a poner en marcha, el aerogenerador proporcionó corriente al sector durante veintitrés días, luego se rompió una de las palas y se abandonó el proyecto.

En 1975 se pusieron en servicio los aerogeneradores Mod. 0 con unas palas de metal con un diámetro de 38 metros, produciendo 100 kW. En 1977 se construyó el Mod. 0A de 200 kW. La compañía General Electric termina el bipala Mod. 1 en 1978 de 60 metros de diámetro que accionaba un generador de 2 MW. La BOEING estudia el Mod. 2, ideal para los vientos medios de las grandes llanuras, que con 91 metros de diámetro produjo 2.5 MW.

En Francia, un vasto programa patrocinado por la Electricité de France, ha realizado un estudio del viento en todas las regiones y ha construido varios grandes aerogeneradores experimentales. Un aerogenerador tripala de 30 m de diámetro fue instalado en Nogent-le-Roy en Beauce.

una realidad con la puesta en servicio de grandes aerogeneradores que producirán potencias eléctricas comprendidas entre 2 y 5 MW. Estados Unidos cuenta con numerosos proyectos para la utilización de la energía del viento, incluso en combinación con otras centrales como las hidroeléctricas.

El florecimiento californiano de la energía eólica se debió en gran parte a una política fiscal favorable y a los precios que pagaban las empresas eléctricas por la energía de origen eólico a mediados de los años 1980. Ambos incentivos se han suprimido, pero la energía de origen eólico continúa creciendo en California.

Actualmente el uso de centrales eoloeléctricas se ha difundido por todo el mundo habiendo una capacidad total instalada mayor a los 40,000 MW.

Potencial Energético del Viento

Medición del viento

Los datos de la velocidad y dirección del viento son de suma importancia para los estudios sobre el aprovechamiento de la energía del viento. Las principales fuentes de datos de viento son las estaciones sinópticas de superficie, las estaciones climatológicas principales, las estaciones de meteorología aeronáutica y las estaciones de meteorología agrícola.

La altura normalizada de exposición de los instrumentos de medida del viento en las estaciones sinópticas y climatológicas en un terreno abierto es de 10 metros. (Un terreno abierto es una zona en la que la distancia entre el anemómetro y cualquier obstrucción es al menos 10 veces superior a la altura de la obstrucción). Cuando no se puede lograr una exposición normalizada de los instrumentos, el anemómetro debe instalarse a una altura tal que sus indicaciones queden razonablemente sin perturbar por las obstrucciones locales y representen en la mayor medida posible lo que sería el viento a 10 metros de altura si no hubiera obstrucciones en las proximidades. El período promedio de las mediciones de velocidad de viento para fines sinópticos y climatológicos, es de aproximadamente 10 minutos.

Los sensores más comunes para medir la velocidad del viento son los anemómetros de copas y de hélice, para la dirección del viento normalmente se emplea una veleta.

La rotación de los anemómetros genera una señal que es proporcional a la velocidad del viento. Las veletas producen señales continuas; no obstante hay dos tipos de señales. Uno de los tipos relaciona la señal con sectores limitados de dirección, como por ejemplo norte, noroeste, etc. Siempre que el viento continúe dentro del sector, la señal permanece constante, incluso si hay pequeñas fluctuaciones de dirección. En el otro tipo de veletas se relaciona la señal con la dirección instantánea del viento. La señal cambia continuamente, incluso si el viento se mantiene dentro de la misma dirección general.

Configuración de estaciones anemométricas

Podía proporcionar 800 kW a la red con un viento de 60Km/h. Esta máquina experimental aportó entre 1958 y 1962 información sobre su funcionamiento en condiciones reales de explotación. La compañía Neyrpic instaló en Saint-Rémy-des-Landes dos aerogeneradores de tres palas. El primero de 21 metros de diámetro y que producía 130 kW de potencia, funcionó hasta marzo de 1966. El otro, de 35 metros previsto para producir 1,000 kW, tuvo una operación satisfactoria durante las pruebas, pero un desperfecto en 1964 hizo que se abandonase el programa de estudios.

En Alemania se construyó entre 1955 y 1957 un aerogenerador de dos palas de 34 metros de diámetro, de fibra de vidrio, a 80 Km. al este de Stuttgart. Esta máquina funcionó hasta 1968. Dinamarca construyó en 1957 el "Gedser Mill" de tres palas de 24 metros de diámetro que funcionó hasta 1968. Producía 200 kW con una velocidad del viento de 15 m/s.

El bajo precio del petróleo produjo la suspensión de los grandes proyectos en todo el mundo. Pero en los años 70, coincidiendo con la primera crisis del petróleo, se inicia una nueva etapa en el aprovechamiento de la energía del viento. La aplicación de modernas tecnologías, y en especial de las desarrolladas para la aviación, dio como resultado la aparición de una nueva generación de máquinas eólicas perfeccionadas, que permiten su explotación bajo criterios de rentabilidad económica, en zonas de potencial eólico elevado.

Los norteamericanos, enfrentados al problema de abastecimiento de energía iniciaron un amplio programa de explotación de la energía eólica. En aquel momento se estimaba que esta energía podría, aparte de sus aplicaciones tradicionales, alimentar a las redes eléctricas a un precio igual o inferior al de las centrales térmicas. Ello sería pronto

Una estación anemométrica básica consta de un anemómetro, una veleta, una fuente de energía (ejemplo: panel fotovoltaico) y un adquisidor de datos con capacidad de almacenamiento. El equipo se instala en un mástil de 10 metros de altura sujeto al piso a través de retenidas. Para estudios más avanzados sobre la producción energética a través de sistemas conversores de energía eólica (SCEE) es común instalar los sensores anemométricos a la altura del centro del rotor.

Normalmente la operación de este tipo de estaciones consiste en cambiar la memoria al adquisidor cada determinado tiempo (ejemplo: cada mes). La información es leída de esta memoria (de estado sólido) y procesada.

Determinación del potencial energético del viento

La energía cinética de un volumen de aire en movimiento es:

$$Ec = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

donde *m* es la masa y *v* es la velocidad. La masa puede expresarse como:

$$m = \rho V \quad (2)$$

Siendo ρ la densidad del aire y V el volumen de aire en movimiento.

Dado que el volumen de aire V puede ser expresado en función de la distancia recorrida *x* en un intervalo de tiempo *t* y del área transversal del volumen de aire *A*, es decir:

$$V = xA = vtA \quad (3)$$

Finalmente tenemos que la ecuación 1 puede ser expresada por:

$$Ec = \frac{1}{2} \rho A V^3 t \quad (4)$$

La potencia del viento será entonces:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (5)$$

Distribuciones teóricas de densidad de probabilidad de velocidad del viento

Las estimaciones de la producción de energía se realizan combinando los conocimientos sobre el viento en un sitio específico y la información relativa al funcionamiento de un sistema conversor de energía eólica (SCEE). Habitualmente, esta información sobre la máquina consiste en una función que refleja el funcionamiento uniforme de la misma. Esta función es la relación entre la producción de energía y velocidad del viento cuando la máquina funciona de manera absolutamente uniforme, con flujo homogéneo. Sin embargo, en la realidad el funcionamiento de una máquina diferirá del predicho mediante las características de funcionamiento uniforme, ya que el viento es turbulento y la acción mutua entre la máquina y el viento resulta bastante complicada.

Se pueden sin embargo realizar estimaciones de la producción de energía durante largos períodos de tiempo como un mes, una estación o un año, sumando series cronológicas de estimaciones de producción de energía determinadas a partir de las series cronológicas del promedio de la velocidad del viento y de las características de funcionamiento de la máquina. También se puede calcular el promedio de producción de energía si la función de densidad de probabilidad (FDP) de la velocidad del viento es conocida en el lugar de que se trate. La FDP indica la probabilidad de que la velocidad del viento tenga un valor dentro de un intervalo determinado. En un sitio determinado, la forma exacta de la FDP dependerá del intervalo de tiempo sobre el que se ha promediado la velocidad del viento y del período total al que se aplique la FDP.

FDP de Weibull

La FDP de Weibull puede ser descrita por dos parámetros, *k* llamado factor de forma y *c* llamado factor de escala. La expresión para esta FDP es:

$$f(v) = \frac{k}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (6)$$

en la que *k* es el factor de forma, *c* es el factor de escala y *v* es la velocidad del viento.

FDP Normal

La FDP normal también llamada Gaussiana depende de la velocidad media y de la desviación estándar. Su expresión es:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(v-v_m)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (7)$$

donde v_m es la velocidad media y σ es la desviación estándar.

Cuando *v* es expresada en términos de unidades estándar:

$$t = \frac{(v - v_m)}{\sigma} \quad (8)$$

la ecuación para la función de densidad de probabilidad en forma estándar será:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{t^2}{2}\right)} \quad (9)$$

FDP de Rayleigh

La FDP de Rayleigh es un caso especial de la FDP de Weibull, cuando el factor de forma k = 2. De esta manera la FDP de Rayleigh sólo depende del factor de escala c y de la velocidad.

Aplicaciones de la energía del viento

Aspectos generales

El recurso eólico representa una fuente energética:

- Inagotable ya que se deriva de procesos atmosféricos siempre presentes.
- Presente en la superficie no requiriendo procesos de extracción y
- Cuya explotación no implica riesgos ambientales.

Los aprovechamientos puntuales de energía eólica, sea en forma de aerobombas aisladas o pequeños aerogeneradores para fines de señalización, telecomunicaciones, protección catódica de oleoductos y gasoductos, uso doméstico o fuerza motriz, etc, son importantes no en términos de la energía aportada, sino en función de su uso final y de significar alternativas viables y económicas.

En la práctica, una aportación masiva de energía útil a partir de la energía del viento, solamente puede darse mediante la utilización de grandes conjuntos de aerogeneradores interconectados a la red del sistema eléctrico nacional. O en menor escala, en aplicaciones masivas de bombeo de agua con fines de irrigación o drenaje.

Bombeo de agua

Los sistemas de bombeo con energía eólica pueden ser clasificados según los criterios descritos a continuación:

1. Por su capacidad de bombeo expresada por rango de potencia y altura de elevación del agua.
2. Por su proceso de conversión de energía eólica a la específica requerida según el tipo de bomba que se utiliza.
3. Por el grado de sofisticación tecnológica de su diseño, procesos de fabricación y requerimientos de operación.

Para fines prácticos, la clasificación por capacidad viene a ser la más significativa, ya que ello determina el tipo de aplicaciones, esta clasificación comprende dos grandes grupos:

I). Equipos de potencias del orden de 0.5 a 3 HP, en su gran mayoría de diseños autóctonos y fabricación artesanal, haciendo uso de bombas reciprocantes o rotatorias de baja velocidad, orientadas a satisfacer necesidades limitadas y puntuales de bombeo de agua. Estos equipos pueden ser utilizados para fines de irrigación, cuando por las condiciones del lugar se pueden instalar en forma masiva.

Dentro de este grupo de aerobombas, está incluida la de tipo americano de aspas múltiples, que constituye el único modelo de fabricación industrial establecida y confiabilidad comprobable.

II). Sistemas en un rango de 10 a 100 kW, basados en rotores aerodinámicos de alta eficiencia, proporcionando directamente energía eléctrica al motor de una bomba convencional.

Estos sistemas están concebidos asimismo para utilizarse en alguna de estas tres configuraciones:

1. Sistema aislado único.
2. Sistema acoplado a otra fuente autónoma de energía.
3. Acoplado a la red eléctrica, utilizándose como ahorrador de energía convencional.

Dado lo anterior, los tipos de bomba más comúnmente utilizados en aplicaciones de bombeo eólico son:

1. Reciprocantes
2. Rotativas de baja velocidad
3. Rotativas de alta velocidad (industriales)

Aerobombas mecánicas

Las aerobombas mecánicas tienen la desventaja que se deben instalar sobre o muy cerca de la fuente de agua. Esto reduce las áreas potenciales donde éste tipo de sistemas se pueden utilizar, además de que su única aplicación es el bombeo de agua.

Aerobombas eléctricas

En una configuración de este tipo el aerogenerador opera directamente una bomba eléctrica convencional. En este caso la bomba usada es del tipo centrífugo, accionada por un motor eléctrico de inducción (convencional) del tipo jaula de ardilla.

Este concepto tiene las siguientes ventajas:

- El aerogenerador no requiere localizarse sobre la fuente del agua. Lo que permite optimizar la localización del aerogenerador y la bomba de agua.

- Motores y equipo de bombeo estándar pueden ser utilizados, con las ventajas logísticas que esto implica: repuestos, servicios de mantenimiento, menor costo, etc.

Generación eléctrica

Un SCEE que transforma la energía cinética del viento a electricidad se le conoce con el nombre de aerogenerador. Un aerogenerador capta la energía cinética del viento a través de su rotor aerodinámico y la transforma en energía mecánica que concentra sobre su eje de rotación o flecha principal. Esta energía mecánica comúnmente es acondicionada mediante una caja de engranes (valores de torque y velocidad), antes de transmitirla a la flecha de un generador eléctrico para la producción de electricidad.

Un aerogenerador, como cualquier sistema electromecánico, tiene límites operativos que se especifican desde su diseño y que son función de la relación eficiencia-resistencia-costo. Por ello es que se proveen medios para limitar su velocidad de rotación y su potencia de salida a niveles que no pongan en riesgo su integridad física. La efectividad de los métodos y subsistemas que se encargan de ello es un factor relevante en cuanto al logro de la madurez técnica de los aerogeneradores. Los métodos que se emplean van desde diseños pasivos (i.e., aspas fijas diseñadas para abatir aerodinámicamente la velocidad angular del rotor a partir de una velocidad del viento específica), hasta el uso de servomecanismos para controlar el ángulo en que el perfil aerodinámico de las aspas se presenta al viento.

Los aerogeneradores de gran potencia cuentan con dos o más subsistemas de seguridad enfocados a minimizar la ocurrencia de fallas que pudieran traducirse en daño a las personas y/o al propio equipo.

Sistemas autónomos

Los sistemas autónomos pueden tener tres configuraciones:

1. Aerogenerador/ carga
2. Aerogenerador/ sistema de almacenamiento/ carga
3. Aerogenerador/ sistema de respaldo/ carga

En la primera configuración la energía eléctrica generada se aplica directamente a una carga, en este esquema lo significativo es el efecto acumulado. La demanda puede ser a través de una carga resistiva para proporcionar calefacción industrial o para procesos, o utilizar la energía en hidrólisis de agua para producir hidrógeno o cualquier otra reacción electroquímica, así como en protección catódica a gasoductos y oleoductos, entre otras.

La segunda configuración constituye la aplicación clásica del banco de baterías, a través de éste se almacena energía mientras la demanda (carga) es baja, y es cedida al sistema cuando la demanda es alta y/o la generación es deficiente o nula.

En la tercera configuración, el aerogenerador es utilizado en conjunto con otra fuente autónoma de energía, que puede ser de tipo no convencional o convencional. Este tipo de configuración tiene por objeto compensar las "desventajas" de cada uno de los sistemas utilizados, aumentar la confiabilidad y disponibilidad de energía del conjunto, así como reducir costos totales. Este es el caso de un aerogenerador acoplado a un motogenerador diesel, cuyo régimen de trabajo y consumo de combustible estarán en función inversa de la disponibilidad de energía eólica, reflejándose esto en mayor vida útil para la máquina de combustión interna y menos consumo de combustible.

Sistemas interconectados

En general, los sistemas interconectados a la red eléctrica tienen el objeto de aportar energía a ésta, implicando en ello un ahorro de otros energéticos.

Para máquinas de pequeña y mediana capacidad, acopladas a la red eléctrica, el generador de inducción se considera la mejor opción. Para casos de aerogeneradores mayores que 1 MW, interconectados a la red, en forma individual o en conjuntos; el generador síncrono es la alternativa aparentemente más adecuada.

Tratándose de máquinas de pequeña y mediana capacidad según el esquema de generación de velocidad variable-frecuencia constante, este acoplamiento puede hacerse a través de rectificación y una posterior inversión síncrona.

Visto desde esta perspectiva, se puede decir que el acoplamiento de un SCEE a una red eléctrica, es directa cuando se utilizan generadores de inducción en máquinas de velocidad constante-frecuencia constante, e indirecta cuando en máquinas de velocidad variable-frecuencia variable que utilizan generadores síncronos, el enlace de realiza mediante rectificación-inversión síncrona.

Sistemas híbridos

Un sistema híbrido en su conjunto está integrado por dos o más tecnologías diferentes (solar, eólica, biomasa, microhidráulica, etc.). El objetivo final en una configuración de este tipo es satisfacer los requerimientos energéticos de la aplicación a un costo competitivo, aprovechando los recursos disponibles en la región.

La aplicación de los sistemas híbridos data de los años 90's y es el resultado del desarrollo de una tecnología que puede ser utilizada para el aprovechamiento de todos los recursos energéticos disponibles en la región, combinando las ventajas inherentes a cada uno de los subsistemas y/o tecnologías seleccionados. Actualmente este tipo de tecnología se utiliza en más de 20 países y su principal nicho de aplicación es en comunidades rurales y en pequeñas islas. En general, en proyectos de electrificación donde por la magnitud de la demanda y/o la lejanía a los centros de población urbana, resulta económicamente inviable el uso de las energías convencionales para satisfacer la demanda energética.

Generación Eléctrica en Gran Escala

Una central eoloeléctrica está integrada por un conjunto de aerogeneradores conectados entre sí, cuya producción de electricidad se integra a la red eléctrica convencional.

Avances tecnológicos

En el ámbito internacional se reconoce que aún queda mucho trabajo por hacer en el campo de la investigación y desarrollo de la tecnología eoloeléctrica; sin embargo, en los últimos 20 años se han realizado avances importantes. Los hechos que se resumen a continuación son indicadores de su estado actual de desarrollo.

Aspectos técnicos

- El mercado actual de aerogeneradores está dominado por máquinas con capacidades nominales superiores a 750 kW [3], cuyos diámetros van desde 46 hasta 50 metros. Esto significa un factor de mejora cercano a 10 con respecto a la capacidad unitaria de las máquinas utilizadas en el inicio de los años ochenta.
- Ya están en pruebas las máquinas de la "generación de megawatts", con capacidades que van de 1 a 3 MW y diámetros entre 60 y 81 metros. Las máquinas de este tipo básicamente se han desarrollado en Europa, aunque actualmente existen unidades en el rango de 1 a 1.5 MW de capacidad nominal instaladas tanto en Europa como en Estados Unidos [3].
- La disponibilidad técnica de las centrales eoloeléctricas modernas ya excede 95 %. En los primeros años de la década de 1980 sólo se alcanzaban valores máximos en el rango de 50 a 60 %.
- El avance en los procesos de fabricación de aspas ha hecho posible la construcción masiva de rotores con diámetros de hasta 60 metros.
- Se han logrado avances importantes en la reducción de la masa de los aerogeneradores, lo cual facilita los procesos de producción y reduce los costos de fabricación, instalación, operación y mantenimiento.
-
-

- De 1980 a 2000, la producción de electricidad con aerogeneradores expuestos a un mismo régimen de viento (kWh/m^2) se logró incrementar por un factor cercano a 3.5.
- En materia de diseño se han desarrollado diversos modelos para extender el ámbito de aplicación de los aerogeneradores. Esto es, rotores de mayor tamaño y mejor eficiencia para aplicaciones en lugares con vientos bajos, o bien, máquinas robustas para vientos intensos.
- Las herramientas de diseño han avanzado considerablemente al grado de que ya es posible incorporar el análisis por fatiga en los diseños; considerando materiales, cargas dinámicas y la vida útil de los sistemas, entre otros.
- Se han mejorado las técnicas para protección contra descargas eléctricas atmosféricas (problema que ha sido reportado como el de mayor impacto durante los últimos años).

Aspectos normativos

- De manera gradual, los procesos de diseño y fabricación se están adaptando a estándares internacionales de aseguramiento de calidad (v.g., serie ISO9000).

- En el seno de la Comisión Electrotécnica Internacional se trabaja en la emisión de normas para aerogeneradores (v.g., serie IEC 1400). Estas normas contemplan desde aspectos de seguridad [4] y *medición del ruido acústico, hasta pruebas de comportamiento de* los aerogeneradores [5].

- Actualmente se trabaja en la elaboración de normas relativas a:

  - Métodos de pruebas de aspas.
  - Estandarización de métodos de certificación.
  - Especificación de la calidad de la energía eléctrica suministrada a la red.
  - Mediciones de cargas mecánicas.

- En el seno de la Agencia Internacional de Energía, dentro del Acuerdo para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica, grupos de expertos internacionales han desarrollado una serie de recomendaciones sobre varios asuntos técnicos, económicos y ambientales de la tecnología.

- Se ha avanzado en el desarrollo de métodos y procedimientos para certificar aerogeneradores. Esto abarca desde la revisión del diseño (incluyendo entre otros aspectos la revisión del diseño estructural, la filosofía de seguridad, los sistemas de protección, la respuesta en potencia y la emisión de ruido acústico), hasta la evaluación de los procedimientos de manufactura, instalación, operación y mantenimiento. Sin embargo, se reconoce que todavía queda mucho trabajo por hacer al respecto.

- En algunos países europeos se han integrado y consolidado grupos técnicos especialistas en la certificación de aerogeneradores.

Centrales eoloeléctricas

Los factores principales que influyen en la economía de un proyecto de generación eoloeléctrica son:

- Régimen de viento en el sitio de construcción.
- *Infraestructura preexistente.*
- Lejanía con el punto de interconexión.
- Diseño de la central.
- Grado de dificultad para construir, mantener y operar la central.
- Confiabilidad y comportamiento de las máquinas.
- Grado de correlación de la generación con la demanda.
- Condiciones de financiamiento.
- Reconocimiento económico de beneficios.
- Condiciones del marco regulador en cuanto a los lineamientos para que las compañías eléctricas reciban la producción eoloeléctrica.

El precio de la electricidad en cada país es un asunto de política económica y estrategia energética. En algunos casos, la competencia de la oferta eoloenergética se ha dado en un mercado libre, es decir, la generación eoloeléctrica compite con otras tecnologías en igualdad de circunstancias. En otros, el Estado ha intervenido con una diversidad de mecanismos para equilibrar la oferta barata, pero de alto impacto ambiental, con la oferta eoloenergética ambientalmente compatible.

Para 1999, los costos de inversión de centrales eoloeléctricas reportados a la Agencia Internacional de Energía estuvieron en el rango de 880 a 1,430 USD/kW instalado, con un promedio global cercano a 1,080 USD/kW [2].

La tendencia sugiere que para el año 2004 los costos promedio de inversión podrían ser ligeramente inferiores a 1000 USD/kW y que para proyectos con condiciones favorables se podrían lograr costos cercanos a 750 USD/kW.

La gran mayoría de los proyectos de centrales eoloeléctricas en el mundo se han desarrollado con inversión privada. Dado lo cual, tanto las condiciones de financiamiento (v.g., tasa de interés, plazo del préstamo), como la tasa interna de retorno requerida por el inversionista, son factores que influyen en el costo de la electricidad producida.

Por su parte, algunas autoridades públicas, de acuerdo con su estrategia energética y en función de sus necesidades y oportunidades, han establecido un precio de compra para la energía eoloeléctrica (o fórmulas para su cálculo), y definido el esquema de integración del mismo. Esto es, cuánto debe pagar directamente la compañía eléctrica que recibe la energía y cuáles son las remuneraciones o incentivos que otorga el Estado por los beneficios al sector público.

Así, los precios de compra de la energía eoloeléctrica difieren considerablemente de un país a otro, al igual que el precio que los consumidores pagan por la electricidad convencional. El precio de compra de la energía eoloeléctrica puede oscilar entre 3 y 14 cts USD/kWh [2], un rango bastante amplio que está influenciado en gran medida por las diferentes estrategias energéticas implementada en los países que integran el Acuerdo para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica (IEA).

El capital invertido es la suma del costo del equipo y los costos adicionales de infraestructura: planeación e ingeniería del proyecto,

obtención de permisos, transportación con seguros, preparación del sitio, carreteras de acceso, buses y transformadores de recolección, cimentaciones, instalación de aerogeneradores y montajes, subestación eléctrica y controles, etcétera. En promedio este costo adicional puede ser de un 20% del total del capital invertido, pero obviamente su valor exacto depende mucho de las condiciones locales, tales como la accesibilidad del sitio y la distancia a la red. Un valor típico para una estimación del capital, en este momento, puede estar entre 1,100 y 1,200 USD/kW instalado.

Perspectivas de la generación eoloeléctrica en México

Al igual que en el resto del mundo, en México se reconoce la necesidad de emprender acciones para el desarrollo sustentable que propicien el bienestar de la presente generación, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Tal como lo establece la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente.

En cuanto al recurso eoloenergético, los estudios realizados hasta ahora sugieren que México posee un potencial importante cuyo aprovechamiento podría satisfacer, por lo menos, 4.5 % de las necesidades de electricidad esperadas para el año 2010.

En congruencia con los indicadores mundiales en cuanto a la implantación de la generación eoloeléctrica, un programa para instalar capacidad eoloeléctrica que aproveche el principal recurso eólico de México tomaría entre 14 y 23 años; considerando la instalación de 5,000 MW eólicos a un ritmo, respectivamente, de 1 y 0.6 MW por día.

Un programa de esta magnitud podría atraer la inversión privada para coadyuvar en la generación de electricidad en el país, en una cifra acotada entre 4,500 y 7,200 millones de dólares.

Para que un desarrollo de esta índole arroje el mayor beneficio para el país, es conveniente internalizar la tecnología. La integración local de aerogeneradores, así como la fabricación de varios de sus componentes, conduciría a crear empleos adicionales a aquellos generables en relación con la construcción, operación y mantenimiento de las centrales. Dependiendo del esfuerzo y de los logros en este sentido, el desarrollo eoloeléctrico en México, mediante un programa grande y sostenido, podría crear hasta 30,000 empleos directos y otros 30,000 indirectos.

Desde el punto de vista ambiental, la operación de 5,000 MW eoloeléctricos podría evitar la emisión a la atmósfera de aproximadamente 10 millones de toneladas de CO_2 por año. Además, como ya se mencionó, la generación eoloeléctrica distribuida ofrece un potencial de mitigación de pérdidas en los sistemas eléctricos.

Acciones principales del Gobierno Mexicano

Hasta ahora, entre las acciones más importantes del Gobierno Mexicano para impulsar la generación eoloeléctrica, se encuentran [2]:

- La construcción de una central eoloeléctrica con fines demostrativos en la zona de la Ventosa, Oax., con una capacidad de 1.5 MW.
- La instalación de un aerogenerador de 600 kW conectado a la central eléctrica diesel de Guerrero Negro en Baja California Sur y la posible aumento de capacidad.
- Los planes de construcción de una central eoloeléctrica de 100 MW en la zona de la Ventosa, Oax.
- La expedición de permisos para construcción de centrales eoloeléctricas para autoabastecimiento de electricidad a municipios y empresas privadas.
- Estudios y anteproyectos sobre generación eoloeléctrica para el abastecimiento de electricidad a comunidades aisladas en la región Pacífico Norte del estado de Baja California Sur.

Conclusiones

El aprovechamiento del recurso eólico rebasa en la actualidad los 40,000 MW a nivel mundial. Esta cifra demuestra el creciente interés por el uso de tecnologías que aprovechan este recurso, con fines de generación eléctrica.

La utilización de la energía eólica para la generación de energía eléctrica pude ser ventajosa debido a que, además de ser inagotable y no producir efectos nocivos al medio ambiente, promueve el desarrollo industrial y tecnológico, y desde luego la diversificación energética y el ahorro de combustibles fósiles.

México representa un campo interesante para la aplicación de la tecnología eoloeléctrica, toda vez que han sido identificadas diversas

áreas en el territorio nacional que presentan características de viento idóneas para la instalación de centrales eólicas, en las que el costo de generación eléctrica sería competitivo con otras alternativas convencionales.

Referencias

[1] M. Borja, R. González, et al; "Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloeléctrica"; Programa Universitario de Energía; Coordinación de vinculación; UNAM; 1998.
[2] Wind Energy Annual Report 1999, Executive Committee for the Implementing Agreement for Cooperation in the Research and Development of Wind Turbine Systems, International Energy Agency.
[3] Wind Turbine Market: The International Overview 2001, Winkra-Project GmbH, ISBN 3-9804393-0-5.
[4] International Standard IEC 1400-1, Wind turbine generator systems - Part 1: Safety requirements, International Electrotechnical Commission, 1994-12.
[5] International Standard IEC 61400-12, Wind turbine generator systems - Part 12: Wind turbine performance testing, International Electrotechnical Commission, 1998-02.

Bibliografía

1. R. González, R. Saldaña, et al; Notas de curso introductorio de energía eólica; IIE-ANES-SANDIA; 2001

PROYECTO EÓLICO

Marco A. Borja D.

Instituto de Investigaciones Eléctricas

Introducción

En el ámbito internacional, hoy en día se reconoce que la generación eoloeléctrica es una actividad innovadora de alta tecnología que se ha integrado a los sistemas eléctricos con el propósito de diversificar la generación de electricidad y fomentar el desarrollo sustentable. En varios países industrializados ya no se discute si la generación eoloeléctrica es una alternativa viable o no, pues en los últimos diez años los hechos han demostrado ampliamente su viabilidad técnica y ventaja ambiental respecto a la generación convencional.

En los últimos cinco años, la capacidad eoloeléctrica instalada en el mundo se ha incrementado 30% en promedio anual y el volumen de negocios de la industria eoloeléctrica mundial supera dos mil millones de dólares por año. Hoy en día, hay mas de 30 mil MW eoloeléctricos que operan exitosamente. La cifra de capacidad eoloeléctrica instalada aumenta todos los días y cada vez son mas los países que emprenden el desarrollo eoloeléctrico o se preparan para ello.

Antecedentes

Si bien es cierto que ya existen decenas de miles de aerogeneradores [1] operando eficazmente, también lo es que la investigación y el desarrollo tecnológico basados en la experiencia operacional, continúan mejorando su tecnología y expandiendo su ámbito de aplicación, de ahí que las proyecciones del futuro cercano planteen expectativas de alta competencia económica con las opciones convencionales mas baratas para generar electricidad.

En el ámbito internacional la meta para el año 2020 es reducir el costo nivelado del KWh eoloeléctrico a 50 o 60 por ciento de su rango actual; es decir, de 4.7 –7.0centavos de dólar por KWh hoy en día, a 2.5-5.0 dentro de dos décadas.

De acuerdo con las proyecciones de la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA), el proceso de mejora continua de la tecnología puede dar como resultado que para el año 2020 la Unión Europea tenga cerca de 75,000 MW eoloeléctricos instalados, si se mantienen políticas efectivas que guíen su adecuada implantación comercial. La meta estratégica que la Comisión Europea propuso en 1999 , en términos de un plan para despegar, consideró que la Unión Europea deberá contar con 40 mil MW eoloeléctricos instalados para el año 2010. Hoy en día, en Europa hay mas de 20 mil MW eoloeléctricos instalados, de ellos, Alemania tiene mas de 12 mil MW, pese a que su recurso cólico es relativamente bajo. Las posiciones políticas tomadas recientemente por varios países europeos en la reunión cumbre de Johannesburgo, hacen pensar que la meta europea del plan para despegar puede ser alcanzada y que podría ser superada.

A pesar de las cifras del desarrollo eoloeléctrico en el mundo son importantes y de que el volumen de esta actividad eoloeléctrica puede parecer espectacular; no se debe perder de vista que el grado de penetración de la generación eoloeléctrica a los sistemas eléctricos en el mundo será modesto y prudente. En realidad, las expectativas más optimistas de la actualidad señalan entre 10 y 12% de penetración eoloeléctrica para todo el planeta.

México se esta uniendo al esfuerzo de varios países que fomentan el desarrollo sustentable para preservar el medio ambiente global. El Programa Sectorial de Energía 2001-2006 lo manifiesta claramente. Además, ratificó dicha posición en la reunión cumbre de Johannesburgo, celebrada en el año 2002.

En el país existen regiones que cuentan con el recurso importante y que requieren, urgentemente, de actividades productivas que contribuyan a mejorar las condiciones económicas y la calidad de vida de su población (v.g., Istmo de Tehuantepec y partes de los estados de Zacatecas e Hidalgo, entre otros). Por consiguiente, se tiene una gran oportunidad de impulsar el desarrollo económico y social de algunas regiones mediante el desarrollo de la generación eoloeléctrica en el territorio nacional. Además de contribuir moderadamente a satisfacer la demanda de electricidad en el país, la industria eoloeléctrica generaría nuevos empleos, impulsaría la pequeña y mediana empresa e implicaría ingresos adicionales para los propietarios de las tierras eólicas.

Condiciones para el desarrollo eoloeléctrico

[1] Maquinas que convierten la energía cinética del viento en electricidad.

Implantar y diseminar la generación eoloeléctrica en los países industrializados, no ha sido una tarea fácil. Por ejemplo, a España le ha tomado cerca de nueve años instalar un poco mas de cinco mil MW eoloeléctricos ya que fue desde 1994 cuando se emitió el primer reglamento enfocado a impulsar l aprovechamiento de las energías renovables.[2] En el ámbito internacional se reconoce que el mercado eoloeléctrico español ha sido uno de los que han crecido más rápido gracias a que en la política energética española, la generación eoloeléctrica ocupa un lugar importante.

La generación eoloeléctrica es una actividad innovadora cuya implantación requiere remover barreras de diversa índole. Algunas barreras son muy notorias, mientras que otras están escondidas y van surgiendo a lo largo del camino. Entre las barreras más notorias están las que tienen que ver con la legislación y regulación, así como el acceso a fuentes de financiamiento adecuado. La instauración de elementos que

ayuden a superar tales barreras, ha sido un factor clave para el despegue de la industria eoloeléctrica en los países desarrollados.
Paralelamente, están las barreras de tipo técnico como son la falta de información y estudios que permitan localizar los principales veneros de energía eólica y caracterizar el recurso eólico disponible con alto grado de confianza. Otra barrera importante es la falta de estudios de planeación orientados a determinar la capacidad, ubicación y distribución de posibles desarrollos eoloeléctricos; así como las medidas que se irán haciendo necesarias respecto a la expansión o refuerzo del sistema eléctrico. Un aspecto de alta importancia es el relacionado con esquemas justos de arrendamiento de la tierra para construcción de centrales eoloeléctricas, la solución cabal de este factor es imprescindible, especialmente cuando se trate de tierras ejidales. No menos importante es planear el desarrollo eoloeléctrico de tal forma que su impacto ambiental resulte mínimo y, a la vez, se gane aceptación y apoyo por parte del público en general.

Para contribuir a impulsar el desarrollo de la generación de eoloeléctrica en México, el Instituto de investigaciones Eléctricas, por convenio de la Secretaria de Energía, realiza un proyecto cuyo objetivo es: "Desarrollar elementos de promoción y apoyo para la asimilación y desarrollo de la generación eoloeléctrica en México, como elemento de innovación tecnológica en el sector eléctrico, de acuerdo con las políticas nacionales, planes de desarrollo y estrategias en materia de energéticos y medio ambiente". Las metas principales de este proyecto eólico incluyen:

1. La formulación de un proyecto titulado Plan de Acción para Eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México y la gestión de apoyo económico ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en ingles) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
2. El desarrollo de un Asistente Informático para formulación, diseño, evaluación y gestión de proyectos eoloeléctricos.
3. Estudios relacionados con temas relevantes de la generación eoloeléctrica en el ámbito nacional.
4. Acciones para formación de recursos humanos especializados, cooperación y potenciación en el ámbito nacional e internacional.

Plan de acción para eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México

En octubre de 2003, el fondo para el Medio Ambiente Mundial endosó el proyecto Mexicano Plan de acción para eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México. Este proyecto, concebido y negociado por personal de la Gerencia de Energías No Convencionales (GENC) de la División de Energías Alternas del IIE, considera la colaboración de varias instituciones públicas y empresas privadas para lograr las siguientes metas:

1. formular t proponer mejoras al marco institucional y regulador que afecta el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México.
2. Facilitar y fomentar el desarrollo de capacidad local en los diferentes y variados aspectos de la implantación de la tecnología eólica. Como uno de los elementos que servirán de base para el desarrollo de capacidad local se realizará la construcción y
3. operación de un Centro Regional de Tecnología Eólica (Certe) que tendrá un valor inicial de 2.5 millones de dólares. Este centro se enfocara a:

- Facilitar la formación de recursos humanos especializados.
- Facilitar la adecuación de la tecnología a condiciones locales.
- Facilitar procesos de transferencia de tecnología.
- Crear una plataforma de vinculación con centros de prueba en el extranjero.
- Elevar el nivel de investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito nacional.
- Facilitar la realización de proyectos experimentales o demostrativos ya sean públicos o privados.
- Fomentar la adopción y adecuación de estándares internacionales, así como recomendaciones y mejores prácticas.

Cabe mencionar que, como parte de las actividades del Proyecto Eólico del IIE, se realizo el diseño del Centro Regional de Tecnología Eólica que servirá de base para generar especificaciones técnicas y términos de referencia para su construcción y puesta en operación.

4. Evaluar el recurso eólico en las áreas más prometedoras del país, mediante las instalaciones de 14 estaciones anemométricas de referencia que generen información de alta calidad de acuerdo con las mejores prácticas en el ámbito internacional.
5.

[2] En 1994, el gobierno español impulso el desarrollo eoloeléctrico de manera significativa, con la emisión del Real Decreto 2366/1994. Esta Ley garantizo el precio que se pagaría a las centrales eoloeléctricas de autoabastecimiento.

6. Fomentar la realización de estudios estratégicos en materia de desarrollo de la generación eoloeléctrica (v. g. , planeación regional de la integración de la generación eoloeléctrica al sistema eléctrico nacional, ordenamiento ecológico, definición de ruta tecnológica).
7. Facilitar la formulación, estudios de factibilidad técnico-económica, evaluación, gestión y logro de tres proyectos eoloeléctricos de 15 a 20 MW para demostración de negocios bajo condiciones mejoradas del marco institucional y regulador, de tal forma que estos proyectos tengan potencial de reproducción en escala significativa.

El proyecto será ejecutado por el IIE con apoyo de la oficina del PNUD-México. En primera instancia, el proyecto será supervisado por un comité directivo, formado por personal del IIE y de PNUD. La jefatura de proyecto quedara a cargo del autor de este de este artículo. Para facilitar la interlocución administrativa entre el IIE y el PNUD se conformara una unidad de coordinación del proyecto. Asimismo, se instaurará un comité de seguimiento integrado por representantes de varios organismos gubernamentales. El comité de seguimiento se reunirá periódicamente con el fin de coordinar los papeles institucionales y asegurar el flujo de cualquier información y cooperación requerida para el proyecto.

El plan de acción para eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México se ejecutara en dos etapas. La primera, que se realizara durante el periodo de 2004-2005 y vislumbra el logro de metas fundamentales como el desarrollo de propuestas de mejoras al marco institucional y regulador que afecta la generación eoloeléctrica en México, la construcción y puesta en operación del Centro Regional de tecnología Eólica, la evaluación del recurso eólico en áreas prometedoras, la formulación y evaluación de tres proyectos de 15 a 20 MW, la realización de algunos estudios estratégicos y acciones de formación de recursos humanos, entre otros.
La segunda etapa, a realizarse durante 2006, 2007 y 2008, incluye la consolidación de logros de la primera etapa, su seguimiento y mejora continua. Si los proyectos eoloeléctricos para demostración de negocios formulados durante la primera etapa del proyecto resultan elegibles por PNUD-GEF, entonces podrían ser objeto de apoyo económico parcial para remover barreras que aun impidan su realización. En ese caso, el apoyo proveniente del GEF seria cercano a dos millones de dólares para cada proyecto. El GEF apoyaría hasta tres proyectos como máximo y el incentivo tomaría la forma de premio a la producción y no como subsidio a la inversión.
Conviene apuntar que el Plan de acción para eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México es un proyecto de arranque que se enlazará con un segundo proyecto titulado Proyecto de desarrollo de la energía renovable en gran escala, mismo que la Secretaria de Energía esta gestionando con GEF a través del Banco Mundial. Básicamente, este segundo proyecto consistirá en la creación de un fondo verde para apoyar la realización de proyectos de energías renovables, con principal foco de atención a proyectos eoloeléctricos en la modalidad de producción independiente.

Asistente informático para formulación, diseño, evaluación y gestión de proyectos eoloeléctricos (NOTUS)

Este producto del proyecto eólico del IIE se compone de software comercial especializado, métodos y software propio, resultados de prospección y evaluación del recurso eólico en algunos sitios y resultados de algunos estudios estratégicos. Con este sistema es posible realizar desde estudios básicos para analizar y evaluar el recurso eólico en sitios de interés hasta procesos de diseño optimo de centrales eoloeléctricas. Se puede decir que NOTUS es un sistema orientado a facilitar la administración del conocimiento en el tema de la generación eoloeléctrica y su aplicación a la formulación, diseño, evaluación y gestión de proyectos eoloeléctricos.
El sistema NOTUS es de arquitectura abierta, se mantiene en crecimiento y mejora continúa mediante la integración de programas más avanzados y de nueva información, datos, resultados de aplicación, etcétera. NOTUS constituirá una herramienta importante para el desarrollo de elementos del Plan de acción para eliminar barreras para la implantación comercial de la generación eoloeléctrica en México, así como para la realización de proyectos bajo contrato en la materia.

Acciones para formación de recursos humanos especializados y cooperación y potenciación en el ámbito nacional e internacional

En el tema de formación de recursos humanos especializados se contrató a un investigador recién egresado de su formación doctoral. El nuevo investigador llego al IIE hace un par de años, obtuvo su grado de Doctor seis meses después de haber entrado al IIE y, posteriormente, ingresó al Sistema Nacional de Investigadores. Sus actividades se han programado de tal forma que conducirán a su especialización en temas selectos del tópico de la generación eoloeléctrica.

Por otra parte, en colaboración con el Gobierno de Oaxaca, se organizo un Diplomado en Energía Eólica que se impartió a finales del año 2001 en las instalaciones del Instituto Tecnológico del Istmo. El diplomado consistió en diez módulos sobre temas relativos a la formulación y evaluación de proyectos eoloeléctricos y conocimiento de los diferentes aspectos e implicaciones de la tecnología. A este diplomado asistieron varios profesores del Instituto Tecnológico de Oaxaca y personal de Secretaria de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Oaxaca. En el año 2002, el diplomado se amplió para cubrir los diversos temas de la energía renovable.

En el mismo rubro, investigadores de la GENC del IIE, han hecho una labor importante al impartir cursos de introducción a la energía eólica en varias universidades y tecnológicos del país. Además, uno de sus especialistas impartió el curso de actualización en energía eólica en el seno del congreso anual de la Asociación Nacional de Energía Solar.

En el aspecto de colaboración cabe mencionar que, desde el año 2000, se ha apoyado la voluntad del Gobierno del Estado de Oaxaca para fomentar el desarrollo eoloeléctrico en el corredor eólico del Istmo de Tehuantepec, como medio para impulsar el desarrollo económico y social. De esta colaboración surgió la organización del Coloquio Internacional sobre oportunidades para el desarrollo eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo que, por tercer año consecutivo, ha atraído a importantes funcionarios del sector publico y a empresarios nacionales e internacionales. Hasta ahora, este evento es el foro más importante en el ámbito nacional respecto al tema de la generación eoloeléctrica.

En cuanto a la generación de textos, se escribe el libro titulado "Primer documento del proyecto eólico para el corredor eólico del Istmo de Tehuantepec. En términos generales, el propósito de este libro es proporcionar información fidedigna sobre los antecedentes, situación actual y posibilidades en el corto, mediano y largo plazo del desarrollo eoloeléctrico en el corredor eólico del Istmo de Tehuantepec. El producto esta en su etapa final de elaboración y se espera publicar en los primeros meses del año 2004 con el patrocinio del PNUD.

Como complemento, se inicio la colaboración con la Comisión de Energía del Gobierno del Estado de Hidalgo para evaluar el recurso eólico en un sitio prometedor. Asimismo, en tema de evaluación del recurso eólico, se puso en marcha un proyecto para evaluar el recurso eólico en el norte del estado de Nuevo León, con el propósito de determinar la viabilidad de proyectos eoloeléctricos en la zona. Dicho proyecto se realiza por contrato con el Banco de Desarrollo para América del Norte, en el marco de un convenio con el Fideicomiso para el Desarrollo del Norte del Estado de Nuevo León.

Dentro de la cooperación internacional, se continua con la participación en el Acuerdo de Implantación para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eoloeléctrica de la Agencia Internacional de Energía (IEA WIND R&D). En este acuerdo se intercambia información sobre los temas avanzados o relevantes de investigación y desarrollo tecnológico en materia de generación eoloeléctrica. Además, el intercambio de información entre los 19 países miembros, se extiende a temas relacionados con estrategias de implantación y diseminación, incluyendo lecciones aprendidas y mejores prácticas. También se participa en la Red Iberoamericana de Generación Eólica (RIGE), auspiciada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. En este foro se intercambia información y se llevan a cabo acciones de cooperación en el tema de la energía eólica con varios países de Latinoamérica, Portugal y España.

En el tema de difusión, cabe mencionar que se desarrollo un portal eólico en internet. En él se ha colocado, entre otra información, la versión electrónica del libro Estado del Arte y Tendencias de la Tecnología Eoloeléctrica, cuya autoría es de investigadores del IIE. Además, cada año se publican las memorias del Coloquio Eólico de Oaxaca. En el portal eólico del IIE, se proporciona información anemométrica de La Venta, Oaxaca y el Cerro Pelón en Hidalgo. Por sus características y confiabilidad dicha información anemométrica se ha incorporado a la Base de Datos Mundial de Características del Viento que integran los laboratorios RISO de Dinamarca en el contexto del Acuerdo Eólico de la AIE.

Finalmente, cabe mencionar que si bien es cierto que se han realizado varias actividades en el Proyecto Eólico del IIE, en realidad solo son la punta del iceberg de lo que falta por hacer para cumplir con la misión de promover y apoyar el desarrollo de la generación eoloeléctrica como elemento de innovación tecnológica en el sector eléctrico mexicano, y todo lo que ello implica en materia de oportunidades de investigación y desarrollo tecnológico.

ANES

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGIA SOLAR
y
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

INVITAN A LA

COTEDI 2005
IV Reunión de la Red Mexicana de Arquitectura Bioclimática

23 al 28 de mayo del 2005

Rectoría General UAM

México, D.F.

ANES

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGIA SOLAR
y
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE SAN JUAN DEL RIO

INVITAN A LA

FERIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

21 Y 22 de abril del 2005

Universidad Tecnológica

San Juan del Río, Qro.

CORREDOR EOLICO DEL ISTMO: A CUATRO AÑOS DE ESFUERZOS

Fernando Mimiaga Sosa

Secretaria de Desarrollo Industrial y Comercial
Dirección de Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa
Gobierno del Estado de Oaxaca

¿Por qué un enfoque de pequeña y mediana empresa?

A partir de la construcción, operación y mantenimiento de diversas centrales eólicas, se podrá crear un tejido local con factorías y talleres que serán necesarios para: facilitar las nuevas inversiones, maximizar utilidades de los activos fijos para entonces presentes y elevar o sostener los niveles de empleo; además, las mismas centrales eólicas serán PYMES, pero de bajo impacto ambiental y alto valor agregado.

¿Cuánta potencia eólica bruta es posible instalar dentro del estado?

Creíamos a inicios del 2000, en la posibilidad de estimular la implantación en diez años, al sur del Istmo de Tehuantepec, de 2000 MW eólicos interconectados; pero gracias al patrocinio de la USAID, se encomendó al NREL, en "Windpower 2002", la elaboración del Atlas Eólico del Estado de Oaxaca, haciéndose entrega oficial del mismo al Gobierno del Estado de Oaxaca. El resultado fue apabullante: 33,200 MW en 6,637 Km2 de los 95,364 Km2 del territorio de toda la entidad; estando 6,250 MW en 1,248 Km2 con recursos de clase siete; habiéndose excluido para esta evaluación las reservas de la biosfera, las zonas urbanizadas, las pendientes mayores al 20% y las áreas acuíferas. El NREL infirió la instalación de 5 MW nominales por cada Km2 (100 hectáreas) y estudio, por medios satelitales, 91,500 Km2 para efectos de prudencia.
Los desarrolladores eólicos

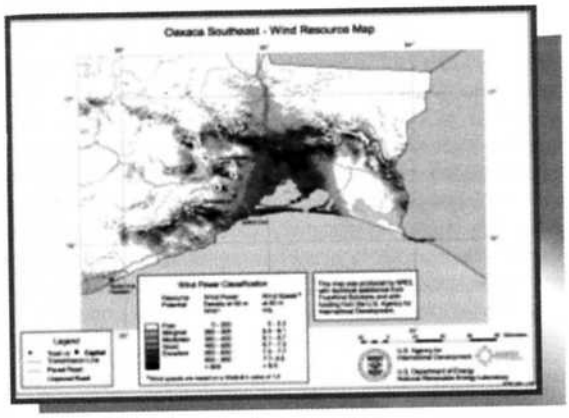
Existen a la fecha, entre trece interesados, cuatro Desarrolladores Eólicos con mayores avances: la CFE., Fuerza Eólica del Istmo, Sistemas Energéticos de Oaxaca y Eléctrica del Valle de México; el primero destinará la producción al Servicio Público mediante la licitación de un Productor Independiente de Energía, los tres restantes se han constituido en Sociedades de Autoabastecimiento o de Exportación de la energía eléctrica; aunque lo mas importante en la inclusión de todos en el alquiler de territorios donde se sitúen las centrales eólicas, evitándose la expropiación de o la especulación con bienes inmuebles.

El Centro Nacional de Control de Energía y la Comisión Federal de Electricidad

- El CENACE ha declarado su competencia para administrar los flujos de fuentes intermitentes y tiene conocimiento de los permisos de generación, por medio de fuentes de energía renovable, por parte de desarrolladores eólicos en el Corredor Eólico del Istmo, con anuencia de la CRE.

- La C. F. E. ha recibido la recomendación, por la Secretaria de la Función Publica, de comportarse como los demás Desarrolladores Eólicos, es decir, someterse al inquilinato con los comuneros, ejidatarios y pequeños propietarios, al explotar su futura central eólica; además de haber colaborado decisivamente en la validación de los mapas del NREL.

La Revista Solar No. 51



Los sectores Agrario y Ambiental

- La Delegación de la Procuraduría Agraria en el Istmo, la Junta de Conciliación Agraria y el Registro Agrario Nacional han propiciado la certificación de las parcelas y coadyuvado a la integración de asambleas ejidales o comunales afines al desarrollo de reservas arrendatarias para centrales eólicas.
- La Delegación Federal de la PROFEPA y el Instituto Estatal de Ecología han señalado su competencia para normar el impacto en los ecosistemas y mostrando interés en favorecer el desarrollo sustentable en la región.
- La Gerencia Regional Pacifico-Sur de la Comisión Nacional del Agua ha participado en la integración de resumes meteorológicos para validar los mapas eólicos del NREL y proporcionado cartografía del Distrito de Riego #19: zona de muy alta densidad de potencia eólica.

¿Como garantiza la SEDIC la certeza jurídica a los Desarrolladores Eólicos?

Mediante un anteproyecto de Ley que regule las autorizaciones que podrán expedirse para la construcción o modificación en el Estado de Oaxaca de una central eólica interconectada al Sistema Eléctrico Nacional.

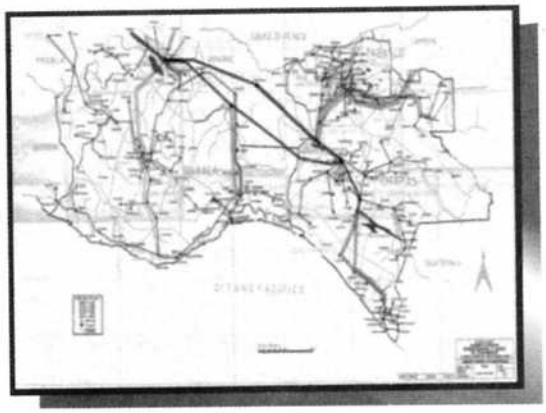
Sugerencia al gobierno federal

No considerar como Servicio Publico de Energía Eléctrica la generación por fuentes de energía renovables sin importar la tecnología empleada o si su interconexión se realiza con la red de distribución o de transmisión, siempre y cuando el Centro Nacional de Control de Energía pueda predecir dentro de 24 horas el perfil de generación para cierto horario en cierta Región Eléctrica, sometiendo la totalidad de la producción al costo nivelado de generación de tal fuente a la libre elección entre los clientes de la C. F. E. en la Republica Mexicana, cuyas tarifas sean horarias o hasta 30 MW de excedentes a disposición de la CFE. a sus costos totales de corto plazo en determinada región eléctrica.

Propuesta de inversión

Convencer a la C. F. E. de invertir para la infraestructura de evacuación, de acuerdo a la siguiente estimación:

- Construir 15 líneas de transmisión de 440 KV.
- Construir 15 subestaciones de potencia con 500 MVA de capacidad.
- Aumentar las bahías de los buses de recepción de las subestaciones siguientes: El Juile, Juchitán II y Temascal.
- Añadir 6250 MVA a la capacidad del banco de transformación de cada una de las anteriores subestaciones.



Reto para el 2004

Integrar el Consejo de Plantación del Corredor Eólico del Istmo, en el cual el Gobernador Constitucional del Estado sea el Presidente; como Suplente, el Secretario de Desarrollo Industrial y comercial; coadyuvándole dos juntas: la de Capacitación y la intergubernamental; con el fin de normar a dos Vocalias: la primera con representaciones

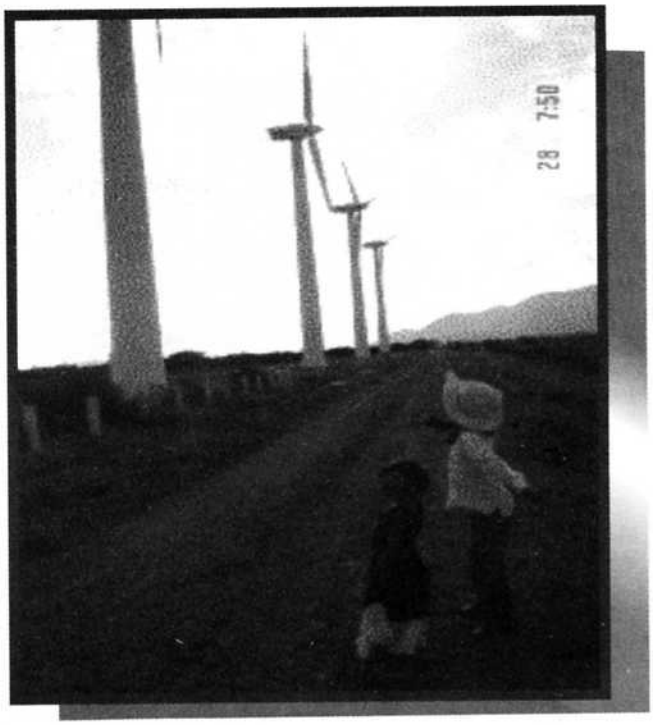
Ejidal, Comunal y de la pequeña propiedad; la segunda con Representaciones Financiera, Desarrolladora e Industrial.

La Junta de Capacitación

Contara con una representación por parte de:

- Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- "National Renewable Energy Laboratory".
- Institutos Tecnológicos de la Secretaria de Educación.
- Universidades Autónomas Estatales y
- Organismos No Gubernamentales.

Contara con una Representación a nivel federal, por parte de: el Congreso de la Unión, la Secretaria de Energía, la Comisión Federal de Electricidad, el Centro Nacional de Control de Energía, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la Secretaria de la Reforma Agraria, la Procuraduría Agraria, el Registro Agrario Nacional, la Comisión Nacional del Agua, el Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos naturales; al mismo tenor acudirán con una representación los siguientes organismos del Estado Libre y Soberano de Oaxaca: el Instituto Catastral del Estado de Oaxaca, el Congreso Loca, la Junta de Conciliación Agraria, la Secretaria de Desarrollo Industrial y Comercial, el COPLADE y el instituto estatal de Ecología.



ANES

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGIA SOLAR
Y
EL INSTITUTO TECNOLOGICO DEL ISTMO

LES INVITAN AL

II Foro Regional sobre Energías Renovables

22 al 25 de febrero del 2005

Sala de Usos Múltiples
Instituto Tecnológico del Istmo
Juchitan, Oax.

EMPRESAS SOLARES

KYOCERA SOLAR, INC Ivonne Maldonado 10700 E. Placita de Risa Tucson, Az. 85749 Tel. 520-749-8309 imaldonado@kyocerasolar.com	**BUTECSA, Bufete de Tecnología Solar S.A.** Ing. Diego Jiménez Campos Lic. Grajales Robles # 16 despacho 7 Col. Del Valle, C.P. 03100, México, D.F. Tel. (55) 11-07-61-50 diegoljc@yahoo.com.mx
TERMOSOLARES REYES Calzada de los indios No 24-A Col. Santa Fe. La Piedad, Michoacán C.P. 59300 Tel. 01352 526 0743, fax 01352 24124 Calentadores solares de agua; cocinas solares	**IMPREMA S.A. de C. V.** Lic. Sven Feldhaus Gob. González Calderón #1 Col. Daniel Garza, Deleg. M. Hidalgo Mexico D.F., C.P. 11830 Tel/fax: 0155 5273 1877 CALENTADORES SOLARES sven@imprema.com www.imprema,com
COMERCIALIZADORA INDUSTRIAL DE TECNOLOGÍA S.A. DE C.V. Ing. Jorge Cabrera Av. Octavio paz # 183, Complejo Industrial Chihuahua, C.P. 31109, Chihuahua, Chih. Tel. 01 614 481-05-04, 481-06-33	**FANOSA DEL PACIFICO S.A. DE C.V.** Ing. Roberto Hernández Calle Topógrafos No. 804 Col. 2 de Junio, C.P. 21110 Chihuahua, Chih. Tel. 01 614 424-30-46
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM Trabajando en la Investigación Y Desarrollo de las Energías Renovables Dr. Rafael Almanza S. Tel. 0155 5622 8138 al 43	**COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CHIHUAHUA, A.C.** Arq. Antonio Herrera Politécnico Nacional No. 2708 Chihuahua, Chih Tel. 412-60-01, Cel. 510-91-86
GRUPO OVONICS LATINOAMERICA S.A. DE C.V. Ing. Rodolfo Martínez Strevel Oklahoma 56. 3 er Piso. Col. Nápoles. Cp 03810. México, D.F. Tel/Fax: 56-87-41-08 strevel@avantel.net	**ORPINEL** Ing. Raúl Orpinel Guerra Blvd. Ortiz Mena 3305, C.P. 31240 Chihuahua, chih. Tel. 01 614 413-96-16
OSBURG José Manuel Burciaga Molinar Paseo Bolívar No. 702 Col. Centro, C. P. 31000 Chihuahua, Chih. Tel. 412-00-33, Fax 412-00-34	**INTELLISWITCH, S.A. DE C.V.** Ing. Vicente Aldape Ayala Argentina No. 3916 Col. Desarrollo las torres 91, C.P. 64760, monterrey, Nuevo León Tel. 01 818 374-66-80, 01 818 375-15-74

EMPRESAS SOLARES	
MODULO SOLAR Lauro Ortega 22, Otilio Montaño, CIVAC, Jiutepec, Morelos México C.P. 62386 LADA sin costo: 01-800-999-55-00 Tel: 01(777) 3215962 al 65, Fax: 01(777) 3210949 http://www.modulosolar.com.mx modulo@modulosolar.com.mx Más de 120,000 m2 de calentadores solares instalados	**HELIOCOL DE MÉXICO S.A. DE C.V.** Blvd. Miguel de Cervantes Saavedra #394-31, Colonia Irrigación, C.P. 11500, México D.F. Tel.: 01-800-ENER-SOL 01-800-3637-765, (01-55) 5395-6060, (01-55) 5395-6169, (01-55) 5395-8140, (01-55) 5395-3279, (01-55) 5395-6168, Fax: (01-55) 5395-9090 ventas@heliocol.com.mx www.heliocol.com.mx
SUNWAY DE MÉXICO S. A., de C. V. Ejército Nacional 1162 – Planta Baja, Col. Polanco, México, D.F., C.P. 11570 Tel/fax 01(55) 53955771 sunwaymx@infosel.net.mx, www.sunway.com.mx Fabrica e instala calentadores solares de cobre para albercas y uso residencial. certificado desde 1980	**SISTEMAS DE ENERGÍAS ALTERNAS S.A. DE C.V.** 5ª Av. Norte Poniente 1980-B Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Tel/Fax 01 961 602 1771 energiasalternas@hotmail.com Instala calentadores solares y sistemas fotovoltaicos
SISTEMAS Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN S.A. DE C.V. Ing. Mario Escalante Av. 20 de noviembre No. 805 Col. Centro, C.P. 31000 Chihuahua, Chih. Tel. 01 614 415-2525 Pagina web www.syscom.com.mx Mail: mescalante@syscom.com.mx	**COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS ELECTRICISTAS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA** Ing. Alejandro Cepeda Vigil Rincón del Sol No. 6334 Col. Rincón del lago II, C.P. 31104 Chihuahua, Chih. Tel. 01 614 419-91-22, 421-91-22
BANOBRAS SNC FIDEICOMISO 728 FIPATERM, ASI PROGRAMA DE AHORRO SISTEMATICO INTEGRAL Ing. Rodolfo Sánchez Bocanegra C. Javier Barros Sierra No. 515, Col. Lomas de santa Fe, Deleg. Álvaro Obregón C.P. 01219, México, d.f. Tel. 426-65-21 Y 426-65-36 fipaterm728@prodigy.net.mx	**ASOCIACION DE TRANSFORMADORES DEL CEMENTO** Ing. Ricardo Sias Enríquez Dora Lilia Pérez Ortega Tecnológico No. 10711, C.P. 31250 Col. Deportistas Chihuahua, Chih. Tel. 419-14-11
GRUPO SIMOSOL S.A. DE C.V. Ing. José Refugio Cabrera Velducea Av. Silvestre Terrazas No. 11800 Col. Ampliación la Esperanza C.P. 31430, Chihuahua, Chih Tel y fax (01 614) 434-02-42	**ENERGIZA, TECNOLOGIA AVANZADA EN SISTEMAS ENERGETICOS S.A. DE C.V.** Ing. Fernando Espinoza de los Monteros Calle Alondra No. 2953, Fracc. Posada del Márquez, C.P. 32607 Tel. 01 656 623-37-01
ENERGÍA SOLAR CD. JUÁREZ Ing. Víctor Meraz Ramos Saltillo No. 867 sur int. # 2 C.P. 32330, Cd. Juárez, Chih. Tel. (01 656) 613-68-05	**FIRCO / P.E.R.A.** Ing. Jesús Gabriel Parada Av. Bolívar y calle 2da. No. 1602 Col. Centro, C.P. 31000 Chihuahua, Chih. Tel. 01 614 415-52-93, 416-30-51