

ISES

**Sociedad
Internacional
de Energía
Solar**

Transición hacia un futuro basado en las Fuentes Renovables de Energía

Texto de Dr. Donald W. Aitken
Bajo contrato de la Sociedad Internacional de Energía Solar

<http://whitepaper.ises.org>

**Libro
Bianco**

Contenido

Resumen Ejecutivo	3
Resumen de Opciones Políticas y Mecanismos de Implementación	9
Prefacio: La energía solar, del ayer al ahora, y más allá...	10
Marco de referencia, alcances y limitaciones de este Libro Blanco	12
Definiciones, terminología y factores de conversión	14
Introducción – Una transición energética global en la dirección correcta	16
Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables	20
Advertencias ambientales	20
Evitando riesgos	22
Oportunidades para los gobiernos	24
Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales	26
Bioenergía	26
Energía geotérmica	34
Potencia del viento y otros recursos energéticos renovables intermitentes	38
<i>Energía y potencia del viento</i>	38
<i>Alcanzar alta penetración de la energía eólica y de otras fuentes renovables de energía intermitentes</i>	42
<i>Algunas notas acerca de la transición hacia el hidrógeno</i>	44
El uso directo de la energía solar	45
<i>Panorama general</i>	45
<i>Calentamiento solar pasivo e iluminación natural de edificios</i>	49
<i>Calentamiento solar de agua y espacios</i>	53
<i>Generación de energía eléctrica solar térmica</i>	56
<i>Producción de energía eléctrica fotovoltaica solar</i>	60
Factores nacionales y locales que apoyan el desarrollo y el uso de las tecnologías de energía renovable	69
Cumplimiento de los compromisos internacionales para la reducción de los gases de invernadero	69
Mejorar la productividad de los gastos energéticos y la creación de nuevos empleos	70

Políticas para acelerar la aplicación de los recursos de Energía Renovable	73
Panorama general	73
Las políticas urbanas pueden marcar el camino	76
<i>La empresa de servicio público municipal del distrito de Sacramento</i>	77
<i>Los Ángeles y San Francisco</i>	79
Políticas nacionales para promover nuevos desarrollos de energía renovable	81
<i>Normas de energía renovable</i>	81
<i>Desarrollando una cartera de energía renovable balanceada</i>	82
Un instrumento de política especialmente exitoso: las tarifas "feed-in"	85
Las naciones en vías de desarrollo	86
<hr/>	
Incentivos basados en el mercado	89
Panorama general	89
Requisitos para la introducción de incentivos de mercado justos para la energía renovable	92
<i>Replanteamiento de las inequidades y distorsiones de los subsidios de mercado para los recursos energéticos</i>	92
<i>Desarrollo de un método consistente para estimar los costos de la energía</i>	93
<hr/>	
El papel de la Investigación y Desarrollo (IyD) para apoyar la transición hacia la Energía Renovable	97
<hr/>	
Dos modelos generales de Política Energética Nacional	99
Estados Unidos: un liderazgo a partir de sus estados y un esquema de energía limpia para un futuro alternativo	99
<i>Situación actual (2003) de las políticas energéticas en energía renovable en Estados Unidos.</i>	99
<i>Un poderoso plan de energía limpia para Estados Unidos</i>	101
Alemania: una política significativa de largo plazo	105
<hr/>	
Conclusión	108
<hr/>	
Reconocimientos	112
<hr/>	

Resumen Ejecutivo

El presente Libro Blanco proporciona una guía para diseñar y aplicar políticas gubernamentales efectivas sobre energía renovable a escala mundial, así como información necesaria para acelerar la implantación de tales políticas. La tesis propuesta en este Libro Blanco es que el esfuerzo mundial para impulsar la transición hacia las energías renovables debe surgir de los más altos niveles de las agendas políticas, tanto nacional como internacional, y debe iniciarse inmediatamente.

El Libro Blanco consigna que, en la historia del uso de la energía por la humanidad, los recursos sustentables eran la única fuente de suministro en el mundo, aún en el naciente desarrollo industrial ya bien entrado el siglo XIX, y que el mundo necesariamente tendrá nuevamente que cambiar hacia estas fuentes sustentables antes de que concluya el presente siglo. El periodo de los combustibles fósiles es por lo tanto una “era” y no una “edad”, y está sumamente limitada en el tiempo en comparación con la evolución, pasada y futura, de las civilizaciones y las sociedades. Por consiguiente, resulta crítico para los gobiernos considerar, como una transición, el tiempo remanente de esta era de los combustibles fósiles.

El Libro Blanco revela que las políticas existentes y la experiencia económica adquirida por muchos países a la fecha, deberían constituir un estímulo suficiente para que los gobiernos adoptasen acciones más proactivas de largo plazo que pudiesen acelerar la amplia gama de aplicaciones de las fuentes renovables de energía, y obtener así una ruta firme que conduzca a la “transición mundial hacia la energía renovable”, de tal forma que el 20% de la producción mundial de energía eléctrica pueda ser generada con fuentes de energía renovable para el año 2020, y que para el 2050 el 50% de toda la producción de energía primaria provenga de ellas. No hay garantía alguna de que esto ocurra, pero el Libro Blanco presenta muchos argumentos convincentes que indican que dicho escenario es posible, deseable y aún imperativo.

Es breve el espacio temporal durante el cual estarán disponibles de manera conveniente y accesible los recursos de energía fósil para construir las nuevas tecnologías y los dispositivos para suministrar la energía necesaria e impulsar una gran transición energética mundial, sostenida, ordenada y definitiva –y este periodo es mucho más corto que el tiempo de disponibilidad física de los recursos energéticos “convencionales”. El Libro Blanco sostiene que el atractivo de los beneficios económicos, ambientales, de seguridad y confiabilidad, proporcionados por el uso acelerado de los recursos renovables de energía, deberían ser suficientes para garantizar las políticas que impulsen o “jalen” los cambios necesarios, evitando el “empuje” o la resistencia de las, de otro modo, consecuencias negativas de la inacción gubernamental. ¡Y aún hay tiempo para esto!

Resumen Ejecutivo

El Libro Blanco presenta las tres principales condiciones que están orientando la política pública hacia una transición a las energías renovables:

- 1) Un mejor entendimiento de las restricciones ambientales;
- 2) la necesidad de reducir la miríada de riesgos que representan los blancos terroristas fáciles, y aquellos que provienen de interrupciones bruscas (como los apagones) en tecnologías de las cuales dependen las sociedades; y
- 3) el interés por las oportunidades económicas y ambientales que se presentarán durante la transición a las energías renovables.

Esta transición se acelerará conforme los gobiernos descubran la superioridad de las políticas orientadas hacia las energías renovables y sus aplicaciones en las diversas economías, frente a las actuales políticas limitadas que se sustentan en la noción de recursos escasos y en los anticuados y poco confiables sistemas centralizados de producción y distribución energética.

Actualmente, liderazgo y política gubernamental constituyen los elementos más importantes para impulsar la amplia aplicación de las tecnologías y las metodologías de energía renovable, más aún que las políticas económicas o las tecnológicas. Las tecnologías y las cuestiones económicas irán mejorando con el tiempo; el Libro Blanco muestra que actualmente estas últimas ya están suficientemente avanzadas como para permitir una buena penetración de las energías renovables en la corriente principal de las infraestructuras energéticas y sociales. Los gobiernos pueden establecer ciertas metas firmes para la penetración de las energías renovables en la energía primaria y en la generación eléctrica, con plena confianza para los próximos 20 años y más allá, sin limitaciones en estos recursos renovables.

Con relación específica a las tecnologías de energía renovable, el Libro Blanco muestra las siguientes:

- **Bioenergía:** alrededor del 11% de la energía primaria que se consume actualmente en el mundo se deriva de la bioenergía y constituye el único recurso con carbono combustible que puede considerarse como “*emisor neutro de carbono*” (*sin emisiones netas de óxidos de carbono*), pero este 11% es a su vez tan sólo el 18% del potencial actual estimado en este rubro. Las estimaciones del potencial bioenergético mundial para el año 2050 promedian unos 450 exajoules (EJ), cifra superior a la actual demanda mundial de energía primaria. La contribución a los costos de los combustibles, imputables a los recursos convencionales, se convierten en beneficios económicos rurales con la bioenergía, al producir cientos de miles de nuevos trabajos y nuevas industrias.

- *Energía geotérmica:* ha sido utilizada para proporcionar calor para el confort humano durante milenios y para producir electricidad durante los pasados 90 años. Aunque la energía geotérmica está limitada a las áreas con acceso a esta fuente, el tamaño del recurso es enorme. La energía geotérmica puede ser una fuente básica para por lo menos 58 países: 39 de ellos podrían ser energizados con energía geotérmica en un 100%, cuatro en más del 50%, cinco en más del 20%, y ocho en más del 10%. La energía geotérmica, junto con la bioenergía, puede servir como recurso estabilizador de la demanda eléctrica al cubrir la carga base en las redes de distribución, y equilibrar la producción de energía eléctrica a partir de los recursos renovables intermitentes.
- *Energía del viento:* su capacidad instalada estaba por encima de los 32 mil megawatts (MW) a finales del año 2002, y ha estado creciendo a una tasa de 32% anual. Cuarenta y cinco países poseen turbinas de viento de capacidad comercial. A la fecha, el precio de la electricidad generada a partir del viento es competitivo con el correspondiente a las nuevas plantas que utilizan carbón, y deberá continuar reduciéndose al punto de que la electricidad proveniente del viento sea la menos cara de generar con las nuevas fuentes productoras. Las metas para generar a partir del viento el 12% de la demanda mundial de electricidad en el año 2020, así como el 20% de la demanda de electricidad en Europa para ese mismo año, parecen alcanzables. Este ritmo de desarrollo es consistente con los correspondientes ritmos históricos de la energía hidroeléctrica y la nuclear. La meta de penetración del 20% para los recursos energéticos renovables intermitentes es factible si se consideran las condiciones actuales de operación de las plantas de generación comerciales, y sin necesidad de recurrir al almacenamiento de la energía.
- *Energía solar:* la energía del Sol puede ser usada directamente para la calefacción y la iluminación de edificios, así como para calentar el agua, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. La energía radiante del Sol también puede proporcionar agua muy caliente o vapor para procesos industriales; puede calentar fluidos a altas temperaturas, por medio de la concentración solar para producir electricidad con plantas termoeléctricas solares o directamente con máquinas térmicas, y también resulta posible producir electricidad a través del efecto fotovoltaico. También puede utilizarse directamente en dispositivos para la seguridad pública, aportando luz y refrigeración para comidas y medicinas en el mundo a mil ochocientos millones de personas que no tienen acceso a las redes de energía eléctrica, y ofrecer comunicación para todas las regiones del planeta. También se puede utilizar para producir agua dulce a partir del agua marina, para sistemas de irrigación y bombeo de agua o para descontaminarla, y resolver así las necesidades más críticas a escala mundial para la obtención de agua limpia. También puede utilizarse para cocinar alimentos mediante estufas solares, y así evitar la depredación constante de leña que destruye los ecosistemas y contamina el aire en los asentamientos humanos de los más pobres.

- *Edificaciones:* en las naciones industrializadas entre 35 y 40% del uso de la energía primaria se consume en edificios, y la cifra se aproxima al 50% cuando se consideran los costos de energía para la construcción de éstos y la infraestructura para los servicios que utilizan. Dejar que en el invierno el Sol los caliente y permitir que la luz diurna entre a los inmuebles para suplir el alumbrado eléctrico, son las acciones más eficientes y menos costosas del uso directo de la energía solar. Existe un gran cúmulo de información que demuestra contundentemente el incremento del desempeño humano que resulta de la iluminación con luz natural en los edificios, lo cual reporta beneficios económicos y ambientales directos que multiplican enormemente la retribución en eficiencia energética. Los diseños integrados de inmuebles de “respuesta climática” mediante métodos de diseño de edificios completos, permiten un mayor ahorro en costos en la construcción actual, y normalmente hay una mejoría del 30 al 50% en la eficiencia energética de los nuevos edificios, con un aumento de menos de 2% en los costos de construcción, y en ocasiones, sin costos adicionales.
- *Tecnologías de energía solar:* todos los gobiernos deben establecer metas consistentes de largo plazo para la aplicación de sistemas de calentamiento solar para agua y los espacios domésticos, totalizando cientos de millones de metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar de agua, en el ámbito mundial, para el año 2010. Una meta mundial de 100 mil MW eléctricos, ya instalados para el 2025 con tecnologías de energía solar concentrada, es también alcanzable con grandes beneficios potenciales en el largo plazo.

La tecnología solar eléctrica fotovoltaica (FV) está creciendo en todo el mundo en forma sorprendente: se duplica aproximadamente cada dos años. El valor de las ventas en 2002, estimado en alrededor de 3,5 miles de millones de dólares, se espera que aumente a 27,5 mil millones para el año 2012. Tanto en los países industrializados como en los países en vías de desarrollo, la energía fotovoltaica puede aumentar localmente el nivel del empleo y fortalecer la economía, mejorar el ambiente y, en general, incrementar la confiabilidad de la infraestructura y los sistemas energéticos, así como brindar una mayor seguridad. Los sistemas fotovoltaicos integrados en edificios que cuentan con una modesta capacidad de almacenamiento energético pueden suministrar la energía eléctrica básica para garantizar la continuidad en las tareas esenciales del gobierno o en situaciones de emergencia, y pueden ayudar a mantener la seguridad y la integridad de la infraestructura urbana en tiempos de crisis. Las aplicaciones fotovoltaicas deberán ser un elemento a considerar en cualquier tipo de planeación relacionada con la seguridad para las ciudades y los centros urbanos en el mundo.

El Libro Blanco enfatiza la importancia de políticas gubernamentales que pueden elevar la productividad económica neta de las erogaciones en energía, y el efecto multiplicador derivado de la creación de empleos a partir del gasto en fuentes de energía renovables resulta mayor que en el caso de las fuentes convencionales de energía. Las empresas energéticas no están fundamentalmente orientadas hacia la generación de empleos, pero

los gobiernos sí, y en consecuencia los gobiernos tienen la necesidad de controlar y definir las políticas energéticas y la toma de decisiones sobre los recursos energéticos.

En este Libro se esbozan las políticas nacionales para acelerar el desarrollo de las fuentes renovables de energía, y se enfatiza la necesidad de que existan políticas que se apoyen mutuamente para generar un portafolio de recursos de energía renovable balanceado en el largo plazo. Al comenzar con ejemplos de ciudades importantes, la discusión conduce hacia las políticas nacionales, tales como la formulación de normas de energía renovable con metas porcentuales para las compañías, que deben alcanzarse en fechas bien definidas. El ejemplo más claro es el de las exitosas leyes alemanas llamadas “*feed-in*” (que constituyen una obligación legal de las empresas para adquirir electricidad generada con fuentes renovables), el cual se utiliza para ilustrar muchos de estos puntos.

En el Libro Blanco se describen los incentivos basados en el mercado para compararse con las normas y metas oficiales, y se discuten éstas en términos de su efectividad. Se muestra que varias medidas voluntarias, como el pago de sobrepagos para la “energía verde”, pueden aportar fondos importantes para la energía renovable, pero estas medidas no pueden ser suficientes para una generación confiable, un crecimiento en el largo plazo de las industrias de la energía renovable, ni pueden asegurar la confianza de los inversionistas. La columna vertebral para un acelerado crecimiento de esas industrias debe apoyarse en políticas gubernamentales confiables y consistentes.

El Libro Blanco expone también que el mercado energético no es realmente “libre”, ya que históricamente los incentivos para las fuentes de energía convencionales continúan hoy en día distorsionando los mercados, al ocultar los costos sociales reales por su uso. Se hace notar que las metodologías empleadas para estimar la “nivelación” de costos de los recursos energéticos son tramposas, ya que no son consistentes con las metodologías económicas más realistas usadas en la industria moderna. Las opciones a valor presente neto de los recursos energéticos, tomando en consideración los riesgos futuros en la oferta de los combustibles y la volatilidad de sus precios, describen un escenario muy diferente en el cual los recursos de energías renovables se revelan actualmente como competitivas, o cuasi-competitivas.

Los gobiernos necesitan establecer, asegurar y alcanzar las metas para lograr simultáneamente una alta eficiencia energética y los objetivos propios de la energía renovable. Los mecanismos de aplicación para alcanzar esas metas deben integrarse en un paquete conjunto de políticas mutuamente apoyadas y auto-consecuentes. La mejor política es una mezcla de políticas, que combina la energía renovable de largo plazo y las normas y metas de electricidad, con incentivos directos y pagos por producción de energía limpia, con ayuda para préstamos, con bonificaciones en impuestos, con el desarrollo de instrumentos de mercado negociables, con la eliminación de las barreras existentes, con el liderazgo gubernamental mediante el propio ejemplo, y con la educación de los usuarios.

Aún cuando este Libro Blanco enfatiza la disponibilidad de las tecnologías de energía renovable y de los mercados para avanzar en la penetración de estos recursos a niveles significativos en el mundo, un componente importante de cualquier política nacional de energía renovable deberá ser el apoyo a la Investigación y Desarrollo (I+D) en ciencia y tecnología, tanto en la llamada básica como en la aplicada, junto con la cooperación con otros países involucrados en actividades de I+D para elevar la eficiencia global de tales investigaciones. Es importante señalar que la Comisión Europea aumentó la inversión destinada a la investigación sobre energías sustentables, para los próximos cinco años, en un monto 20 veces superior al invertido en el periodo 1997-2001.

El Libro Blanco concluye con la presentación de dos muy amplias políticas energéticas nacionales para ilustrar el método de la integración de varias estrategias individuales e incentivos en una sola política sencilla, de largo plazo, y con grandes rendimientos potenciales.

Todos los metros cuadrados de captadores solares y las hectáreas de campos para capturar la energía solar, las aspas para convertir la energía del viento, los pozos para suministrar la energía térmica de la Tierra, y las aguas para entregar la energía del flujo de los ríos, las olas y las mareas, sustituirán a los preciados y menguantes combustibles fósiles y compensarán la pérdida de energía provocada por el abandono generalizado de la energía nuclear en el mundo. Al reservar el consumo de los combustibles fósiles para usos de mayor beneficio económico, o al utilizarlos en aplicaciones "híbridas", que ahorran combustible y nivelan las fuentes de energía renovables intermitentes (como el Sol y el viento), se contribuirá a lograr sociedades y economías más esbeltas, fuertes y seguras. Y en el proceso, los óxidos de carbono y otras emisiones a la atmósfera, hoy ya sujetas a costosas multas ambientales, se reducirán enormemente a causa de las nuevas actividades, que resultan económicamente más atractivas.

Resumen de Opciones Políticas y Mecanismos de Implementación

- Metas nacionales multianuales para asegurar e incrementar los mercados de los sistemas de energía renovable, como las carteras de energía renovable (también llamadas Portafolios de Renovables en Estados Unidos), las obligaciones renovables o la Directiva de Renovables de la Unión Europea, especialmente cuando se formulan para apoyar el desarrollo equilibrado de una diversidad de tecnologías de energía renovable.
- Incentivos a la producción, como las leyes “*feed-in*”, exenciones fiscales por producción; y a la medición neta;
- Mecanismos financieros tales como bonos, préstamos de bajo interés, créditos a los impuestos y depreciación acelerada, y ventas de energía verde;
- Amplio sistema de sobrepagos, o cargos al sistema de beneficios, para apoyar los pagos de los incentivos financieros, a la IyD, y a los programas de interés público;
- Mecanismos para operaciones de crédito, como Créditos sobre Energía Renovable (CER) o créditos por reducción de CO₂, para mejorar el valor de la energía renovable, incrementar el acceso al mercado de esas fuentes de energía, y valorar sus beneficios ambientales;
- “Cuotas” gubernamentales específicas en materia de adquisiciones de energía renovable en ciudades y estados;
- Remoción de barreras de procedimiento, institucionales y económicas, la facilitación de la integración de los recursos de energía renovable en la infraestructura de las redes públicas y privadas de suministro.
- Marco regulatorio consistente, en códigos y normas uniformes, y contratos de interconexión simplificados y normalizados;
- Mecanismos económicos compensatorios, como impuestos a la contaminación o a la emisión de CO₂; (los cuales pueden ser interpretados como incentivos de “suma cero” para las tecnologías no contaminantes y no emisoras de CO₂).
- “Nivelar la cancha de juego” remediando una situación donde las inequidades se manifiestan en los subsidios públicos a las tecnologías y a la IyD, aplicables a los combustibles fósiles y la energía nuclear que continúan recibiendo la mayor parte de los apoyos.

Prefacio: La energía solar, del ayer al ahora, y más allá...

La energía solar no es una “energía alternativa”. Ha sido y continúa siendo la fuente original y primaria de energía. La vida y todas las civilizaciones han existido desde su origen gracias a la energía solar. Expandir las aplicaciones técnicas de la energía solar y de sus otras formas de energía renovable, para llevar adelante a la civilización, es simplemente una extensión lógica de su papel histórico, pero también la clave ineludible para alcanzar la sustentabilidad de las sociedades humanas.

La energía solar que absorbe la Tierra y su atmósfera impulsa los grandes ciclos del clima y las corrientes oceánicas para distribuir la energía sobre la faz del planeta. La energía solar brinda el calor para la evaporación del agua de los océanos y demás cuerpos de agua, eleva la humedad a la atmósfera de donde puede precipitarse, y así traer agua dulce y limpiar las plantas, llenar los estanques, lagos, acuíferos, riachuelos, ríos y océanos, y hacer germinar y alimentar todas las formas de vida. La energía solar es atrapada por las plantas verdes mediante la fotosíntesis para energizar el crecimiento directo e indirecto de todas las formas de vida en la Tierra. La energía solar almacenada en la madera y en los cultivos leñosos se libera cuando los rayos la incendian, renovando los ecosistemas de vida silvestre. Más recientemente los humanos han liberado esa energía solar almacenada, al utilizar el fuego controlado, para brindar calefacción y para cocinar. Y el calor directo del Sol ha sido adaptado para entibiar los refugios de la humanidad en climas fríos desde tiempos inmemoriales.

Conforme los agrupamientos sociales humanos evolucionaron para convertirse en ciudades, el Sol continuó proporcionando este apoyo con nuevos usos, siempre en expansión de su energía en la vida diaria y el comercio. Los ríos alimentados por el agua que provee el Sol llegaron a constituirse en medios de transporte y determinaron la ubicación de las grandes ciudades. La energía del viento derivada del Sol fue capturada para moler granos en los grandes molinos de viento y para hinchar las velas a través de los océanos, llevando exploradores, colonizadores y materiales para el comercio, auspiciando la mezcla fecunda de las civilizaciones. Al impulsar las ruedas hidráulicas el agua transformó la energía solar que la evaporó en potencia para mover la maquinaria, como en las primeras imprentas mecanizadas o en las despepitadoras de algodón, o haciendo girar los primeros generadores hidroeléctricos para llevar electricidad a las ciudades.

La energía solar liberada en la combustión de la madera convirtió el agua líquida en vapor, y se logró así un gran avance para la industria y el transporte; asimismo, proveyó a la humanidad de confort térmico en sus casas y edificios. A pesar de la gran gama de usos del carbón desarrollados en la segunda mitad del siglo XIX y el descubrimiento del petróleo en esa misma época, la madera era todavía la fuente primaria de energía usada para accionar a la civilización industrializada en los primeros años del siglo XX.

Fue apenas durante el reciente siglo XX que la humanidad transitó hacia los combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades primarias de energía, olvidando con el tiempo que la energía en el gas, el petróleo y el carbón, es también energía solar que se almacenó en tejidos vivos (biomasa) que no tuvo oportunidad para descomponerse, sino más bien

se almacenó, comprimió, calentó y se convirtió así en combustibles fósiles durante los últimos 500 millones de años. El acceso barato al carbón en los nuevos asentamientos mineros, y la fluida ventaja del petróleo y el gas, originó el rápido y generalizado abandono de los sistemas solares pasivos, de la iluminación con luz diurna y otras características del diseño ambiental para las edificaciones. Aunque el calentamiento solar de agua fue una actividad comercializada y comúnmente difundida en diversos lugares al comienzo del siglo XX, también fue reemplazada por la barata conveniencia del gas y la electricidad. El uso directo de la energía solar se ha sustituido por el uso indirecto de la energía solar almacenada. Pero sigue siendo energía solar.

Así, de una u otra forma, las civilizaciones han permanecido hasta nuestros días alimentándose de la energía solar. Por ejemplo, de las dos fuentes no-solares primarias, la energía nuclear contribuyó con 6,8% y la geotérmica con 0,112% en el consumo total de energía primaria mundial en el año 2000. Sin embargo, muy frecuentemente hemos usado profusa y derrochadoramente los combustibles fósiles, aún sabiendo que representan un recurso limitado. Los combustibles fósiles están siendo rápidamente mermados y no pueden reemplazarse en un tiempo razonable. Mientras que la duración del gas y del petróleo puede alargarse hasta la primera mitad de este siglo, la transición hacia alternativas sustentables debe producirse mucho antes del agotamiento físico y económico de esos valiosos recursos energéticos almacenados. *La civilización debe comenzar a tomar en serio esta transición.*

Hay una solución disponible ya lista: *los recursos energéticos renovables*. Son no contaminantes, inagotables y operan en armonía con los ecosistemas y los ciclos físicos de la Tierra, crean empleos y nuevas industrias sin algunos de los costos aparejados a los combustibles fósiles, y contribuyen a la autosuficiencia económica de las naciones. Estos recursos están disponibles tanto para países desarrollados como para aquellos en vías de desarrollo, y afortunadamente no pueden utilizarse para hacer armas.

Durante más o menos 100 años hemos estado recurriendo –literalmente– al “brillo del Sol de ayer” almacenado en los combustibles fósiles, cuando en el pasado fuimos dependientes del “Sol de hoy”. En consecuencia, una tesis de este Libro Blanco es que el mundo debe salir de este breve instante de combustibles fósiles en la historia humana, y encaminarse hacia una renovada dependencia del “Sol actual”, para la porción de la historia que aún está por escribirse.

Desde la provisión de la energía que acciona las funciones químicas, mecánicas y eléctricas de todos los seres vivos y las condiciones que sostienen al entorno, el papel del Sol en la vida y los ecosistemas ha sido siempre primordial, y seguirá siendo mientras exista vida en el planeta. Las sociedades que acepten este principio florecerán, mientras que aquellas que intenten evadir esta verdad en aras de un supuesto beneficio económico en el corto plazo, perecerán.

Marco de referencia, alcances y limitaciones de este Libro Blanco

Al abrir la discusión sobre los nuevos elementos que hoy en día están guiando la política pública hacia la transición a la energía renovable, este Libro Blanco presenta información sobre las aplicaciones y las políticas sobre los recursos renovables que existen en gran abundancia mundialmente, pero que apenas comienzan a ser desarrollados a su pleno potencial. En este apartado se resume brevemente el estado actual y la tasa de crecimiento de cada una de las principales tecnologías de energía renovable, con la finalidad de contribuir a informar al lector sobre su madurez técnica y comercial y demostrar el potencial de desarrollo de los recursos energéticos renovables.

La bioenergía y la energía geotérmica, que son la “carga base” de los recursos de energía renovable, se presentan aquí en primer lugar a causa de sus amplias contribuciones históricas para satisfacer las necesidades de energía del mundo y su potencial para una expansión futura a gran escala. A éstas siguen las fuentes de energía renovable “intermitentes” o “fluctuantes” (como el viento y las aplicaciones directas térmicas y eléctricas de la energía solar radiante).

La siguiente sección delinea las distintas políticas que han surgido para promover el avance de las tecnologías de la energía renovable y sus aplicaciones en el ámbito mundial, y esboza la cartera de opciones disponibles hoy en día para los gobiernos y las naciones.

Para el desarrollo de nuevos proyectos de energía hidroeléctrica a gran escala no se presentan políticas. La energía hidroeléctrica ha sido comercializada desde hace mucho tiempo, y puede argumentarse que, mientras que la energía hidroeléctrica permanece como una fuente renovable –y sustentable– muy importante en todo el mundo (al producir alrededor del 2,3% de la oferta de energía primaria en el año 2000, y el 17% de la producción global de electricidad), existen ya pocos grandes ríos susceptibles para su explotación; además, aquellos con potencial de aprovechamiento muestran que los beneficios ecológicos de su libre fluir exceden los posibles beneficios económicos de ser atajados por presas para confinar el agua y producir electricidad. Las pequeñas aplicaciones hidroeléctricas aún pueden ocupar localmente importantes nichos de generación eléctrica.

La definición estricta de “sustentabilidad” debe reconocer como concepto primordial la conservación y la integridad de los sistemas físicos y ecológicos dependientes del Sol; en caso contrario, la economía y la sociedad humana seguramente perecerán.

La energía hidroeléctrica existente tiene un gran potencial para complementar, nivelar y aún para almacenar la energía de fuentes renovables intermitentes, y por ende, incrementa el valor y la utilidad de éstas. De esta manera, continuará siendo un recurso valioso en la transición y en momentos posteriores. Pero a escala mundial, actualmente la energía hidroeléctrica se acerca al máximo de su desarrollo potencial.

En este Libro Blanco la energía nuclear tampoco se contempla como una opción real de política. Actualmente, la energía nuclear hace una pequeña pero significativa contribución a escala mundial (6,8% de la energía primaria mundial –esto es, de toda la energía consumida por los usuarios finales– en 2000, y alrededor del 17% de la producción global de energía eléctrica, ambas cifras todavía menores que la potencia instalada de las renovables y su producción neta de energía). Sin embargo, parece que el ritmo de retiro de las plantas nucleares excederá el desarrollo de las pocas plantas que están siendo consideradas, así que muy pronto la energía nuclear mostrará una tendencia descendente. Aún está por verse si puede tener un lugar y considerarse en las futuras políticas mundiales de energías asequibles. Y aún si eso ocurre, podría parecer increíblemente tonto cifrar en un sólo recurso todas las esperanzas mundiales, pues en caso de falla, ¿entonces qué?

Así como la naturaleza refuerza sus ecosistemas a través de la diversidad, de la misma manera deben los gobiernos buscar políticas que apoyen una diversidad de recursos energéticos. Para las naciones en vías de desarrollo, las fuentes energéticas de mayor importancia son aquellas que pueden aprovecharse y están disponibles localmente, que son económicamente viables y pueden ser aplicadas en forma rentable por los recursos humanos disponibles también localmente. La energía nuclear falla en todas esas pruebas. La energía renovable sí las pasa.

Al considerar el objetivo de este Libro Blanco –acelerar la aplicación *comercial presente* de los recursos de energía renovable– las futuras aplicaciones importantes posibles, como la conversión de la energía térmica de los océanos y la energía de las mareas, no están aquí a discusión. Pero puede esperarse que, en algún tiempo futuro, éstas también ocuparán su lugar en el portafolio cabal de oportunidades para utilizar los dones de la naturaleza en energía renovable.

El material que se presenta a continuación ofrece las bases esenciales de cada uno de los recursos seleccionados por los tomadores de decisiones –siempre tan ocupados– para asentar en ellas los tipos de políticas a su alcance, considerando el valor de seleccionar metas ambiciosas, pero también realistas, y sugerir la clase de beneficios que se alcanzarían con éstas. El texto se centra en generar y respaldar el *proceso* de la transición a la energía renovable.

El Libro Blanco debe mucho a las diversas fuentes de información, tanto a personas como publicaciones, a partir de las cuales se extrajo el material para este texto. Este Libro intenta ser un documento de política y no sólo una pieza de investigación, así que exceptuando las cifras, el siguiente material se presenta sin citar a fuentes específicas. Las principales referencias se consignan al final de este documento.

Definiciones, terminología y factores de conversión

En este Libro Blanco se ha hecho un intento por utilizar números siempre en un contexto relativo, para resaltar su significado en términos de sus implicaciones políticas. Resulta útil relacionar las unidades de energía de los dos principales sistemas de medición en uso actualmente, además de otras medidas convenientes para exponer los valores usados a través de este libro, así como también proporcionar definiciones aplicables y de uso común en los informes sobre el tema.

El trabajo realizado a razón de 1 Joule/segundo es un **watt** (o vatio) de *potencia*. En consecuencia, la *energía producida* por 1 watt de potencia en una hora es un **watt-hora**. La energía consumida es medida normalmente en las unidades de mayor aplicación como kilowatt-hora (**kWh**, que es la energía producida por mil watts de potencia durante una hora).

Para reportes de energía de carácter informativo general pueden usarse unidades más grandes. Para la producción de instalaciones generadoras y las estadísticas de energía, la más común normalmente es el megawatt-hora (**MWh** o un millón de watts-hora), o los gigawatts-hora (**GWh** la cual es mil millones ó 10^9 watts-hora). Para consumos nacionales o anuales de energía, la unidad Terawatt-hora es la más convencional (**TWh**, un billón ó 10^{12} watts-hora, o mil millones de kWh).

La unidad más útil para describir la energía usada por los distintos países y a escala mundial es el Exajoule (**EJ**), definida como $10^9 \times 10^9$ ó 10^{18} joules. Dado que la energía contenida en 1 055 joules es igual a la energía contenida en un **Btu** (*British Thermal Unit*, la energía necesaria para calentar una libra de agua un grado Fahrenheit), resulta claro que 1 EJ sea casi igual a mil billones ó 10^{15} Btu (**Quad** en el sistema inglés) de energía. Para evitar una posible confusión en los tomadores de decisiones, el equiparar EJ y Quads es muy útil mientras se lee, permitiendo pensar en las unidades a las cuales el lector está más acostumbrado. Es un error que sólo representa el 5,5% del valor real y puede ser fácilmente corregido cuando los valores se ponen en papel o en una computadora.

Una unidad utilizada ampliamente es la que corresponde al millón de toneladas métricas equivalentes de petróleo (**Mtep**) la cual se define como 41,866 petajoules (1 **PJ** = 10^{15} joules). La energía contenida en mil millones de toneladas métricas o *gigatoneladas* de petróleo (**Gtep** ó 10^9 toneladas) es por consiguiente de unos 41,9 EJ.

Un kWh también equivale a 3,6 millones de joules (3 414 Btu) de energía; de esta manera se puede transformar la habitual medida de energía eléctrica a su equivalente en unidades de energía térmica. Para conservar la descripción de ambas energías, eléctrica y térmica, en una notación energética común, en ocasiones se anota **kWh_e** para kilowatts-hora de energía eléctrica y **kWh_t** para kilowatts-hora de energía térmica.

¿Cuánta energía está disponible a partir de los recursos de energía renovable?

El brillo del Sol puede entregar energía a una superficie de un metro cuadrado en la Tierra orientada directamente a él a razón de unos 1 000 watts (1 kW –éste es el “estándar” usado para evaluar la eficiencia de los sistemas de energía solar, los cuales son, por consiguiente, estimados en términos de “watts-pico” bajo una irradiancia de 1 kW/m² ó **W_p**). Si la superficie del captador solar pudiese absorber el 100% de la radiación que recibe del Sol, y pudiese convertir esa energía con un 100% de rendimiento, entonces produciría 1 kWh de energía en cada hora pico. Por supuesto, si no es perfectamente eficiente, la energía entregada por un sistema solar es menor –usualmente en un intervalo de 5 a 15%. La potencia que implica en un viento de 11 metros por segundo (25 millas por hora) equivale también a alrededor de 1 kW por m² perpendicular a la dirección del viento, pero tampoco las turbinas eólicas pueden captar dicha energía con total eficiencia, sino usualmente dentro de un intervalo de 0 a 45%. Y un Exajoule (EJ) de energía es aproximadamente equivalente a la energía obtenida de la transformación de 52 millones de toneladas métricas de biomasa de madera seca.

Introducción – Una transición energética global en la dirección correcta

Durante el desarrollo reciente de las civilizaciones y las sociedades e industrias humanas, la experiencia muestra que al mundo le ha tomado alrededor de 60 años transitar desde una dependencia primaria de un recurso energético, a uno nuevo, o a un nuevo conjunto de recursos energéticos. Tomó unos 60 años transitar, desde nuestro estado de dependencia de la madera como leña, hacia el carbón. Entonces ya se iniciaba el siglo XX, y tomó quizás otros 60 años (desde 1910 a 1970) el tránsito completo de la dependencia del carbón a una dependencia marcada sobre el petróleo y el gas natural, aunque el carbón ha continuado siendo importante para la generación de electricidad.

Gran parte de la humanidad parece haber adoptado los combustibles fósiles como si fuesen a estar disponibles para siempre, o como si cualquier otra transición energética fuese una tarea de las futuras generaciones, pero no de la presente. Actualmente parecen estar surgiendo las limitaciones ambientales derivadas del uso ilimitado de los combustibles fósiles, con implicaciones negativas y potencialmente gigantescas para todas las naciones. Por cierto, estos límites están siendo tomados seriamente en cuenta en la formulación de las políticas gubernamentales en la mayoría de los países desarrollados.

Como este Libro Blanco muestra, ya desde el año 2000 los recursos energéticos renovables han emergido con la suficiente madurez tecnológica y comercial, como para comenzar a afectar la producción global de energía primaria, sin embargo, su impacto aún es modesto en términos del porcentaje total. Si esta emergencia muestra en verdad la punta de la nueva gran transición energética, entonces nuestra propia historia sugiere que, hacia el año 2030, deberemos estar profundamente ubicados dentro del surgimiento de la siguiente era de los recursos energéticos.

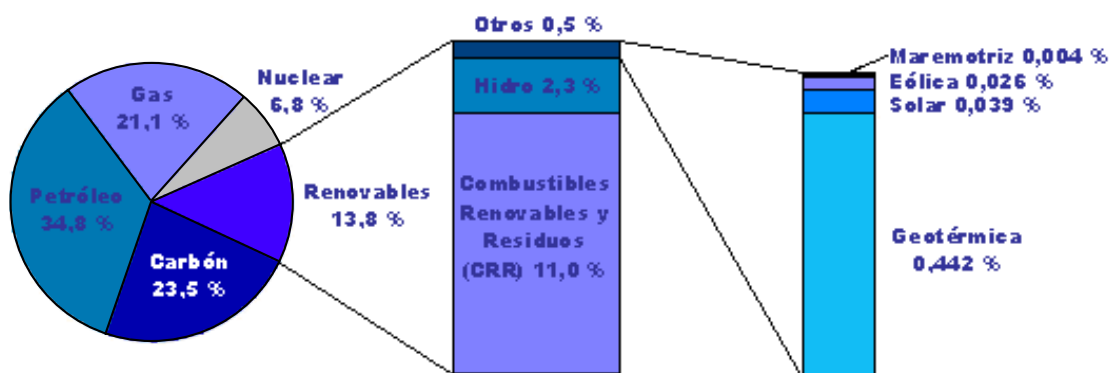


Fig. 1: Distribución del suministro mundial de energía primaria en el año 2000. El crecimiento de las instalaciones eolo-eléctricas entre 2000 y 2002 ha incrementado la participación de la energía eólica en el suministro mundial de energía primaria a 0,042%. En datos de placa la eólica representa el 0,7% de la capacidad de potencia eléctrica instalada en el mundo, pero sólo contribuye con cerca del 0,2% de la energía eléctrica generada, debido a que los aerogeneradores operan alrededor del 30% del tiempo al 100% de su capacidad total. Estos datos demuestran la brecha que aún existe para que las renovables, excluyendo la energía hidráulica, contribuyan en una mayor proporción a la oferta mundial de energía y generación de electricidad.

Fuente: Agencia Internacional de la Energía, "Las renovables en el suministro global de energía", Lista de Datos de la Agencia Internacional de la Energía, Noviembre de 2002.

Hemos frenado el arranque de la transición durante al menos 30 años. Los combustibles fósiles han continuado dominando un mercado energético sumamente artificial y distorsionado. Los precios actuales, relativamente bajos, de los combustibles fósiles, son consecuencia en parte de los continuos beneficios de muy grandes subsidios, y en parte a no tener un valor asignado al gran potencial económico petroquímico que tienen estos ricos hidrocarburos, en comparación con simplemente quemarlos como combustibles. Ningún valor económico es asignado, ni a la futura disponibilidad de los recursos, ni a los costos debidos al impacto que su uso tiene sobre el ambiente y la salud humana. El dinero que ganan los buscadores o vendedores de combustibles fósiles, y el poder político que éste conlleva, han retrasado aún más cualquier arranque serio de la próxima transición energética.

La constante presión política ejercida por los defensores de la energía nuclear está impulsando renovadas inversiones de fondos públicos en algunos países –por ejemplo, Estados Unidos y Francia– para sostener esa tecnología en cantidades que exceden en gran medida las inversiones públicas en energía renovable, retrasando aún más la transición hacia una diversidad más estable y confiable de recursos energéticos. Esta es una gigantesca apuesta para esos pocos gobiernos. La mayoría de los gobiernos están abandonando la energía nuclear porque conlleva una tecnología muy compleja, costosa, potencialmente peligrosa en sí misma (como se demostró en la Isla de Tres Millas y en Chernobil), es vulnerable a actos terroristas o a su mal uso como fuente de materia prima para armas de destrucción masiva, y tiene el problema no resuelto del almacenamiento de desechos radiactivos, que tendría que ser mejorado.

La energía nuclear nunca será rentable por sí misma en un mercado libre de energía, esto es, sin subsidios públicos masivos para asumir los riesgos de errores de los operadores o de accidentes con consecuencias posiblemente de varios órdenes de magnitud más costosos respecto a los que las compañías aseguradoras están dispuestas a cubrir, o que los países en vías de desarrollo puedan darse el lujo de pagar. El ciclo de vida de la energía nuclear, desde la construcción de la planta a su retiro del servicio y desmantelamiento, incluyendo las consecuencias ambientales del ciclo completo del combustible, implica una muy significativa emisión de gases de invernadero, que el uso de la energía nuclear pregona evitar.

Posponer un esfuerzo serio y de gran alcance mundial para lanzar la transición energética a escala completa se traducirá en un mundo más peligroso, alejando toda esperanza de equidad entre las naciones del mundo, y alejará también las oportunidades futuras para nuestros hijos y nietos. ¿Y qué les dirán a ellos los futuros gobiernos? -"Lo sentimos mucho"- o: "fueron los gobiernos anteriores quienes se las llevaron". O, peor aún: "aquellos gobiernos realmente no se preocuparon por ustedes y emplearon criterios económicos que conculcaron sus derechos, ya que actuaban sobre la base de que salvar al mundo era antieconómico".

Introducción – Una transición energética global en la dirección correcta

El combustible para las plantas nucleares es así mismo un elemento cuya abundancia en la corteza terrestre es limitada. Por otra parte, ya existen medios para producir hidrógeno con fuentes renovables de energía que son sustantivamente más baratos que los que utilizan energía nuclear, eliminándose así una presunta justificación económica para la construcción de nuevas plantas nucleares.

En consecuencia, la energía nuclear puede ser práctica tan sólo por un tiempo limitado, sujeto a la disponibilidad de los combustibles nucleares y a consideraciones técnicas de seguridad, ambientales, económicas y éticas. Aún cuando ésta puede producir algo de energía útil durante la transición, la energía nuclear ciertamente no será, en el largo plazo, una sobreviviente de ésta. Son otros los recursos que deben ser desarrollados y aplicados a escala global.

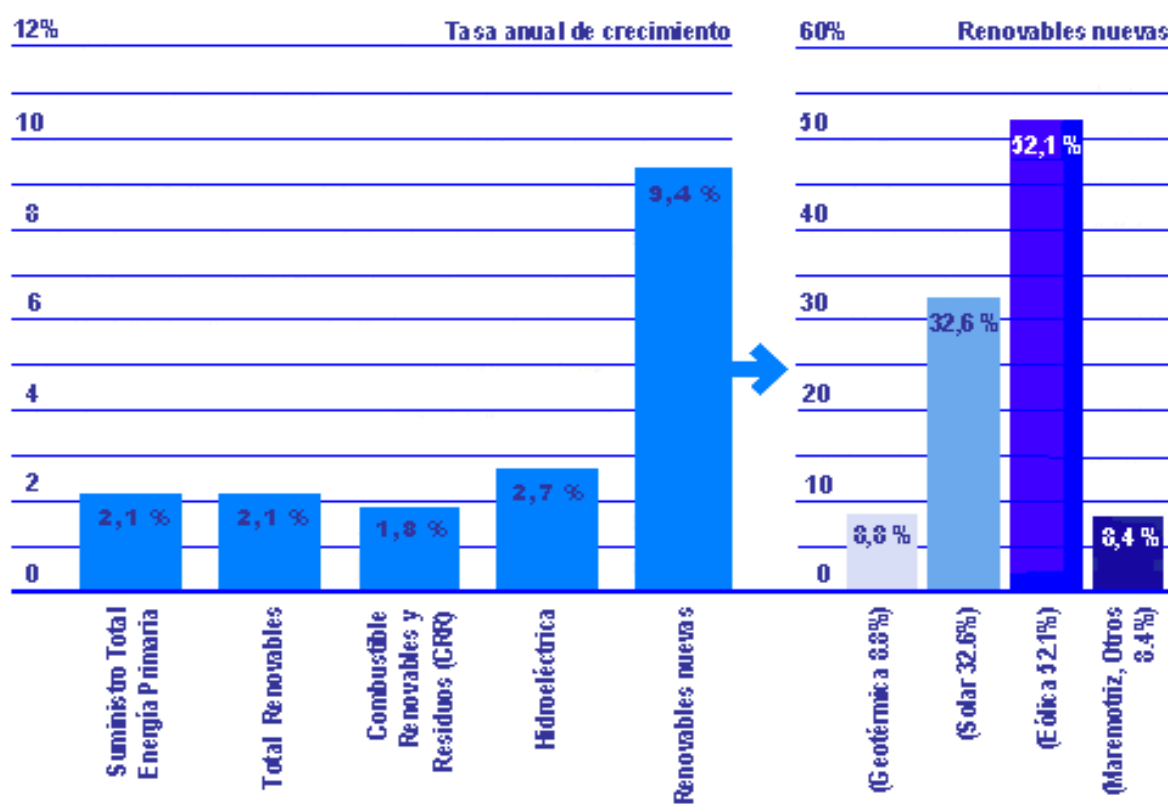


Fig. 2: Crecimiento anual del suministro de energía renovable desde 1971 al 2000. El crecimiento total de las renovables en este periodo resultó ser igual, en términos porcentuales, al crecimiento total del suministro de energía primaria durante estos casi 30 años, lo cual significa que, aún cuando las instalaciones con base en renovables se han incrementado considerablemente, éstas no han estado ganando en su contribución al suministro energético total mundial. (Los muy altos porcentajes de crecimiento anual de las "nuevas renovables", como la eólica y la solar, se deben en parte a que al inicio del periodo su participación era sumamente baja).

Fuente: Agencia Internacional de la Energía, "Las renovables en el suministro global de energía", Lista de Datos de la Agencia Internacional de la Energía, Noviembre de 2002.

Continuar posponiendo el inicio serio de la transición hacia las energías renovables a nivel mundial, representa una apuesta precaria que potencialmente pone en riesgo, conforme el reloj avanza, a nuestra habilidad para lanzarnos con todo para alcanzar la transición de un modo económicamente atractivo. Un mayor atraso en el inicio de la transición hacia las energías renovables también pone en riesgo la seguridad y la estabilidad mundial, en la medida que los actuales sistemas centralizados de energía se vuelven cada vez más vulnerables como blancos terroristas, y la dependencia sobre recursos económicamente críticos provenientes de áreas del mundo políticamente inestables continúa incrementándose.

Por ejemplo, Canadá no será capaz de exportar más gas natural para cubrir el déficit anticipado de este combustible en Estados Unidos. Pero dado que el gas natural es la elección para muchas nuevas plantas generadoras de electricidad planeadas o en construcción en este país, ahora se sugiere que el crecimiento de sus necesidades será cubierto con gas natural licuado que deberá ser importado y almacenado, incrementando fuertemente el precio de la electricidad, su dependencia en fuentes externas, el déficit en su balanza de pagos, y proporcionará un nuevo conjunto de blancos para ataques terroristas: los tanques de gas natural licuado y toda la infraestructura para su almacenamiento.

Este Libro Blanco tiene como propósito revelar el enorme impulso que está siendo generado en todo el mundo para las aplicaciones y las políticas para la energía renovable, subrayar que los ingredientes están ahora listos para que la transición hacia la energía renovable dé inicio, mostrar los beneficios reconocidos desde estos primeros pasos, y comparar y evaluar las políticas que están emergiendo como las más efectivas para acelerar la aplicación de los recursos renovables de energía.

Los elementos de esta transición ya están presentes y han sido probados tanto en su factibilidad técnica como en los mercados mundiales de energía. Los gobiernos no tienen que iniciar algo nuevo, sólo necesitan la voluntad política para expandir lo que ya ha sido desarrollado, estudiado y probado, y que ahora está listo para fructificar en una nueva industria vital para el mundo: las fuentes renovables de energía.

Una tesis que sostiene este Libro Blanco es que: *un esfuerzo mundial para generar la transición hacia la energía renovable debe surgir al más alto nivel de las agendas tanto nacionales como internacionales, iniciando hoy*. Nuestra expectativa es que el Libro Blanco pueda servir como una base para adoptar, con toda confianza por parte de los gobiernos, las políticas que desencadenarían una transición mundial ordenada hacia los recursos de energía renovable.

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

Advertencias ambientales

Durante años, los científicos, los gobiernos y la gente, han considerado el potencial de los recursos renovables de energía para proporcionar a la sociedad energía de manera eficiente y ambientalmente responsable. Paralelamente se han hecho enormes avances sobre las tecnologías y los mercados de la energía renovable. Pero, solo hasta muy recientemente, la mayoría de los avances se fueron presentando a un ritmo relativamente holgado, generalmente sin un sentido particular de urgencia.

Sin embargo, éste no fue siempre el caso; por ejemplo, en 1976 el Presidente de EUA, Jimmy Carter, fue el primer líder mundial en anunciar que la política energética sería su más alta prioridad. Carter lanzó vigorosos programas para el desarrollo de la eficiencia energética y la energía solar, y para conducir a Estados Unidos en una senda de “independencia energética”. Pero sus programas pronto se estancaron políticamente, y hasta fue ridiculizado por sus famosas pláticas televisadas en las que usaba un suéter frente a una chimenea.

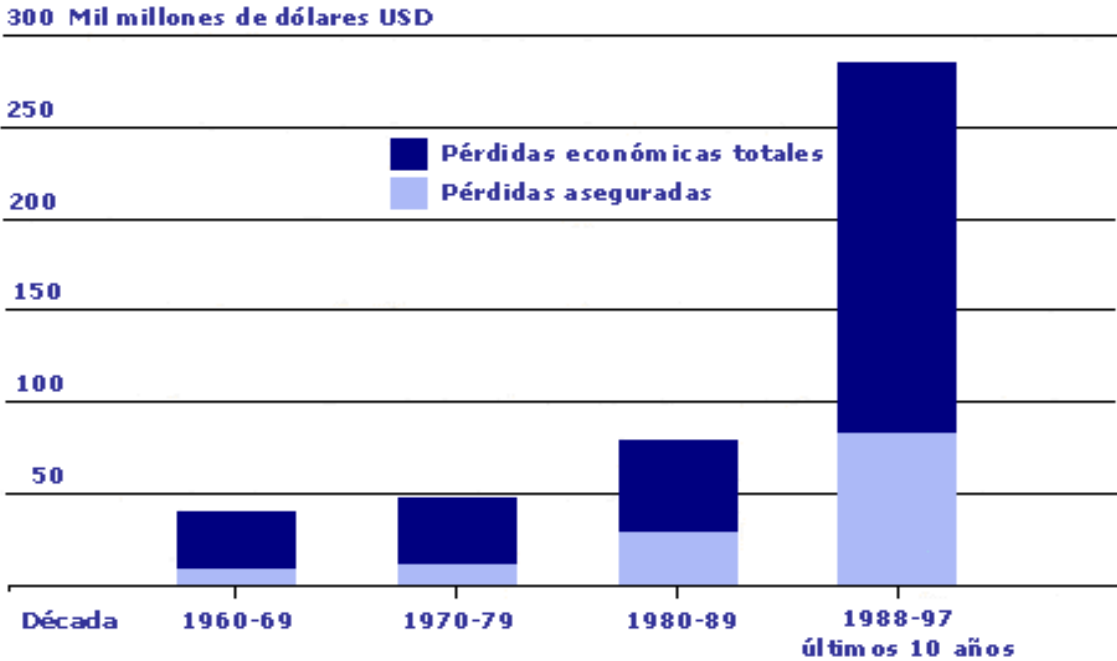


Fig. 3: El creciente impacto en la economía de Estados Unidos de América debido a catástrofes climáticas e inundaciones, expresado en dólares estadounidenses. Actualmente el pago por parte de las compañías de seguros para la reparación de daños es excesivo y ha causado la disminución de las coberturas contra tormentas, dejando al público estadounidense cada vez más expuesto a las consecuencias económicas del cambio climático. Esto es la base para que el evitar o mitigar los impactos del cambio climático sea materia de políticas públicas y acción gubernamental.
Fuente: Grupo Munich de Energías Renovables, 1999.

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

Estados Unidos subsecuentemente retornó a su política centrada en recursos energéticos convencionales y es ahora el desafortunado líder mundial en el uso despilfarrador de petróleo en vehículos ineficientes, y en producir la porción más grande de las emisiones de gases de efecto de invernadero a partir de todas las fuentes. Países más pequeños con mayores ambiciones han tomado el liderazgo en el desarrollo –y las ventas– de tecnologías de energía renovable, claramente en su propio beneficio económico.

El escenario mundial actual ha sido dramáticamente alterado desde el pasado. De particular importancia son los impactos del cambio climático por el calentamiento global, que tiene ya consecuencias económicas perceptibles para la mayoría de las naciones, con proyecciones de muy altos costos en el futuro. Aunque los actuales incrementos térmicos no puedan aún ser científicamente atribuidos al calentamiento global, las 19 mil muertes en Europa en agosto de 2003 ya muestran que las ondas de calor anuncian ominosas consecuencias potenciales. El pronunciamiento, inicialmente cauto, del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) acerca de una “discernible” evidencia de las contribuciones humanas al calentamiento global, ya fue avanzado en su declaración de 2001 de que: “Hay nuevas y más fuertes evidencias de que la mayor parte del calentamiento de los últimos 50 años es atribuible a las actividades humanas”.

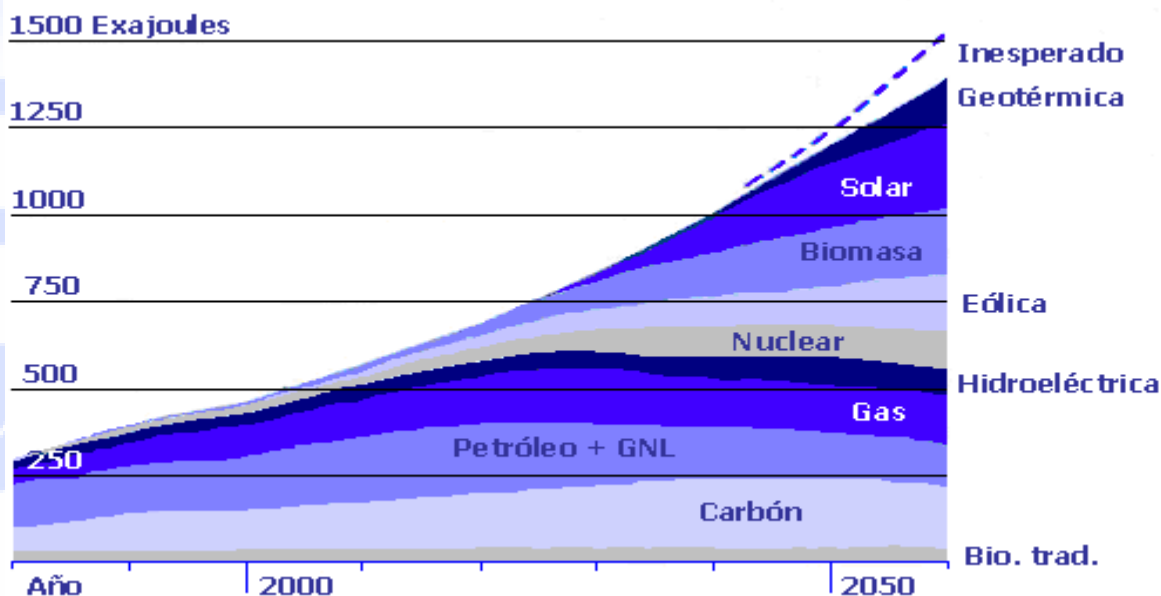


Fig. 4: Un escenario muy bien conocido para una posible transición energética hacia las renovables, preparado por la Shell International en 1996. El crecimiento de la contribución energética mundial de las fuentes renovables de energía deberá darse de tal manera que, para mediados del presente siglo, estas fuentes limpias de energía satisfagan más de la mitad de las necesidades energéticas mundiales. Este escenario muestra que, para realizar tal transición energética, las contribuciones de las diferentes fuentes renovables de energía, si bien pequeñas ahora, deben comenzar a emerger en el escenario mundial muy al inicio de la presente década.

Fuente: Shell International Limited

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

No es el calentamiento *per se* el motivo de la gran preocupación, sino los impactos potenciales que el calentamiento puede tener sobre los flujos de energía en la superficie de la Tierra, los cuales se manifiestan como perturbaciones en los climas terrestres. Está emergiendo un consenso científico, como fue expresado por el Presidente del IPCC, cuando advirtió en aquella declaración en 2001: “la abrumadora mayoría de los expertos científicos, si bien reconocen que las incertidumbres científicas existen, creen que los cambios climáticos inducidos por la humanidad están ocurriendo ya, y que el *cambio en el futuro es inevitable*”.

Un reporte financiado por las Naciones Unidas (elaborado por *Innovest Strategic Value Advisors*), concluyó en octubre del 2002 que “las pérdidas en todo el mundo por desastres naturales parecen estar duplicándose cada diez años... el costo del cambio climático podría alcanzar los 150 mil millones de dólares anuales en los próximos diez años” y: “la creciente frecuencia de eventos climáticos severos... tienen el potencial de impactar a las aseguradoras y a los bancos al punto de deteriorar su viabilidad e incluso su solvencia”. Las proyecciones son aún más graves para los países de baja altitud sobre el nivel del mar y los considerados en vías de desarrollo, conforme el nivel de los océanos vaya subiendo y las lluvias escaseen, puesto que ellos no pueden controlar sus destinos ambientales por sí mismos. Esos países deben apelar a las naciones desarrolladas para que alteren sus políticas destinadas a reducir los riesgos que amenazan a todas las naciones en su conjunto.

Evitando riesgos

Hoy en día el riesgo y su prevención constituyen el dramático y nuevo motor de la política pública que surge en el discurso público. El cambio climático es percibido como un serio riesgo ecológico y económico futuro al igual que el terrorismo. Las plantas generadoras de electricidad, las líneas de transmisión, las subestaciones, y los gasoductos y oleoductos son todos blancos centralizados atractivos y accesibles para terroristas que desearan paralizar rápida y decisivamente las actividades productivas de una sociedad. Por otro lado, las tecnologías de energías renovables distribuidas –mucho más esparcidas en el territorio– que operan en unidades más pequeñas, a menudo a escala de edificio a edificio, constituirían blancos demasiados dispersos y pequeños para ser del interés de los terroristas. La seguridad energética viene de la integración de estas muchas fuentes de energía conectadas a la red de distribución. La destrucción de una de ellas tendría muy poco impacto sobre las otras, o sobre la red energética como un todo. Unas pocas bombas no pondrían económicamente de rodillas a una sociedad con un sistema energético basado en recursos energéticos distribuidos.

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

Los riesgos para el sistema energético de una nación también pueden surgir de su interior, desde el diseño del sistema y las potenciales faltas de confiabilidad de sus componentes. Esto ha sido ilustrado de manera notable por el enorme apagón de agosto de 2003 en Estados Unidos. A las dos de la tarde del 14 de agosto, se produjo una secuencia de fallas en las plantas de generación y en las líneas de transmisión; y cada una llevó a otra, como fichas en el efecto de dominó. En un lapso de 90 a 120 minutos, cinco líneas principales de transmisión, tres plantas carboeléctricas, nueve plantas nucleoelectricas y una importante estación de conmutación, fallaron todas.

Al concluir este episodio, alrededor de 100 plantas generadoras, incluyendo 22 plantas nucleares en Estados Unidos y Canadá, se desconectaron de la red. Las fallas en la generación eléctrica se dispersaron a través de ocho estados de EUA y dos provincias de Canadá, dejando completamente a oscuras a 50 millones de estadounidenses y canadienses, que vivían en regiones de Estados Unidos situadas entre la ciudad de Nueva York, al Este, Detroit en el medio Oeste, y Toronto, Canadá, al Norte. Las pérdidas económicas de este evento en sólo dos días se estiman entre cinco y seis mil millones de dólares.

La respuesta del Presidente de Estados Unidos consistió en llamar a una renovación de las viejas redes de distribución, pero los observadores más perspicaces reconocieron en este gran apagón un signo de las fallas de un vasto sistema interconectado y muy centralizado, e hicieron un llamado a los gobiernos para empezar a diversificar la red con fuentes energéticas distribuidas. Esta posición tuvo eco tan sólo cuatro días después en el tema de la portada del prestigioso periódico neoyorkino *The Wall Street Journal*, que se intituló: "Energizando la potencia fuera de la red". El Congreso de EUA manifestó poca voluntad para invertir seis mil millones de dólares para el desarrollo y despliegue de sistemas distribuidos de energía, a pesar de que no atender a este llamado implica fehacientemente que se corre el riesgo de incurrir en pérdidas de montos equivalentes.

Tan sólo un mes después, ocurrió un evento similar, ¡pero esta vez en Italia! Este segundo apagón afectó a unos 58 millones de italianos que quedaron sin suministro eléctrico. Una vez más, un problema en una central interconectada a la red colapsó a todo el sistema eléctrico de un país entero. La pertinencia de un sistema distribuido de fuentes diversificadas no podría ser mejor enfatizado más que por estos dos apagones masivos.

¿Cuál política es mejor para la economía? Las pérdidas deterioran la economía, las nuevas tecnologías la refuerzan. Continuar invirtiendo en las viejas maneras de generar electricidad no reduce los riesgos sistémicos en los sistemas masivos y centralizados. Invertir en nuevas formas de producir y distribuir la energía en escalas más pequeñas con sistemas descentralizados puede reducir en gran medida los grandes riesgos y la posibilidad de futuras pérdidas económicas por fallas en los sistemas. Los atributos de seguridad y confiabilidad de los recursos energéticos distribuidos tienen que ser tomados en cuenta explícitamente cuando se evalúan los costos relativos de los sistemas de suministro eléctrico.

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

Pero el riesgo sobre la estructura de la sociedad se extiende más allá del terrorismo y de la vulnerabilidad de la red de las compañías generadoras. Por ahora no conocemos con exactitud cuándo la demanda mundial de petróleo excederá a la producción diaria, pero cuando esto suceda (seguramente en la primera mitad de este siglo), alterará para siempre la economía de los recursos energéticos del mundo y promoverá una intensa competencia por éstos. Ya hemos visto con qué facilidad algunas naciones están dispuestas a ir a la guerra para apoderarse de regiones ricas en petróleo. Y el mundo está experimentando riesgos para la paz y la estabilidad política por naciones con el potencial de utilizar el combustible nuclear para crear armas de destrucción masiva. Sin el liderazgo de las naciones desarrolladas para alejarse de esas trayectorias destructivas, el mundo se volverá aún más peligroso.

Oportunidades para los gobiernos

El riesgo de fallar o de tener políticas energéticas fuera de moda puede ocasionar un gran daño a las economías nacionales. Los costos de la energía se incorporan en todo: los costos cotidianos de la energía esencial que sustenta la vida, de la energía plasmada en todo lo que hacemos, consumimos y comemos; además, incorporamos gastos de energía en los costos de todos los bienes tanto nacionales como mundiales. Las sociedades que puedan elaborar y vender productos con menor inversión en energía obtendrán una mayor ventaja en el mercado mundial muy pronto; aquellas sociedades que puedan estabilizar sus costos de energía a largo plazo y aislar sus actividades en el mercado interno y en el externo, de los incrementos de los costos y de la inestabilidad del suministro de los combustibles convencionales, lograrán una ventaja aún mayor. Y las sociedades que conviertan los gastos en combustibles, que deben importarse, en apoyo para empleos útiles y productivos para su propia gente y su propia eficiencia energética e industrias de energía renovable, transformarán un costo energético en un estímulo económico.

Los gobiernos sonarán convincentes cuando tomen en cuenta todos los riesgos y los beneficios potenciales para ser disfrutados por sus sociedades con energía eficiente que confía cada vez más en sus propias fuentes de energía, disponibles y ambientalmente inagotables, en aplicaciones distribuidas local y regionalmente.

"No hay nada más difícil de planear, ni más peligroso de manejar, que la creación de un nuevo sistema. Para el creador, conlleva la enemistad de todos los que se beneficiarían con la preservación del viejo sistema, y contaría tan sólo con tibios defensores en aquéllos que ganan con el nuevo sistema". Maquiavelo, 1513.

Nuevos elementos que guían las Políticas Públicas hacia la transición energética basada en energías renovables

Sin duda, se puede afirmar razonablemente que éstas serán las naciones más sanas, más seguras y económicamente más fuertes a mediados de este siglo. También se puede asentar que los riesgos económicos y políticos de no actuar en el sentido de una adopción agresiva de programas para desarrollar la eficiencia energética y los recursos de energía renovable, son mucho más grandes que cualquier riesgo económico o los impactos de tales programas.

Estos factores han sido una fuerza impulsora del desarrollo de la política para la Unión Europea. La UE parece estar actuando bien al apoyar firmemente las metas para la reducción de los gases de invernadero. Aunque las metas de reducciones de emisiones están resultando difíciles de alcanzar para algunas de las naciones miembro, la UE ya está experimentando ganancias en productividad de energía y las está compartiendo con un incremento gradual de recursos de energía renovable disponible en sus varias mezclas de energía, todo con el interés de evitar riesgos, altos precios y lograr estabilidad en el suministro, aumentando la generación de empleos y otros beneficios económicos en toda Europa. Muchos miembros de la UE siguen reconociendo que, con el objeto de alcanzar estos beneficios, se requieren aún más políticas de fuertes incentivos financieros, acopladas con metas nacionales firmes, para atraer los recursos de energía renovable de manera que compitan en el campo de juego con los otros recursos de energía convencional, inequitativamente subsidiados.

Si se toman en cuenta los costos “externos” de los impactos del desarrollo y uso de los recursos energéticos convencionales, y si se adopta la “administración de la cartera de riesgos ajustados” para los recursos energéticos, en la que las incertidumbres en los precios futuros de los recursos de energía convencional están facturadas en una valoración neta presente de sus costos a largo plazo, se puede contar con un buen argumento para los gobiernos en el sentido de que muchos de los recursos de energía renovable resultan ya menos costosos sobre la base de valor presente neto, y que aportan un mayor beneficio a las sociedades y economías, en contraste con los recursos de energía convencionales. Las medidas de eficiencia energética que ahorran enormes cantidades de dinero están aún esperando ser adoptadas en todo el mundo, y las aplicaciones de tecnologías de energías renovables han empezado escasamente a mostrar su pleno potencial. La eficiencia y las renovables convierten al tema de los costos de los combustibles, en apoyos para la creación de nuevos empleos y para el desarrollo de una economía más robusta, mientras que, al mismo tiempo, reducen dramáticamente los riesgos del cambio climático para todas las naciones, sumando un gran beneficio adicional sin costo extra.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Bioenergía

La biomasa proviene de la conversión fotosintética mediante la energía solar del dióxido de carbono, el agua y ciertos minerales, en los componentes físicos y químicos de la materia que compone las plantas. Éstas se convierten en medios de almacenamiento energético, que permiten, a su vez, que la energía solar se transfiera a través de los ecosistemas de las plantas y animales, los humanos y los sistemas industriales. Por tanto, el trabajo útil producido por la conversión de biomasa es impulsado por la *energía solar*. Esto es cierto en el caso de la biomasa que se produjo en un periodo de 500 millones de años y fue calentada y comprimida por procesos geológicos para convertirse en combustibles fósiles, también es cierto si el material nuevo de las plantas se usa para producir “bioenergía”. Este proceso incluye el funcionamiento de los cuerpos humanos y sus mentes, que son accionados por la energía solar almacenada, liberada en el consumo de alimentos. La palabra “biomasa”, como se utiliza en la actualidad y en este Libro Blanco, no se refiere a los combustibles fósiles, sino al material producido sobre la Tierra por los procesos de crecimiento biológico en el presente.



Fig. 5a: Bioenergía de desechos de madera y viruta.
Fuente: Laboratorio Nacional de Energía Renovable de EUA (NREL)

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

La energía obtenida en diversas formas a partir de la biomasa, para ser utilizada por la sociedad e industria, se llama “bioenergía”. Hay varias proyecciones razonables que coinciden en que la bioenergía constituirá la aportación más grande de la energía renovable del futuro, hecho que justifica su posición como el recurso inicial de energía renovable en este Libro Blanco. Esto es en parte debido a sus grandes y accesibles usos, tanto en naciones en vías de desarrollo como en las industrializadas, y por sus múltiples valores, incluyendo el calentamiento directo para cocinar o para la calefacción, así como en la producción de electricidad o de productos químicos. Excepto para las regiones desérticas del mundo (dotados con abundante energía solar directa) o las regiones Árticas o Antárticas (generosamente dotadas con energía eólica), la biomasa es un recurso disponible en todo el planeta.



Fig. 5b: Planta comunitaria de cogeneración, alimentada con viruta de madera, produce calor y energía eléctrica para 300 familias en Dinamarca.

Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Mientras la bioenergía ha sido crítica para los sistemas que sustentan la vida de las naciones en vías de desarrollo y actualmente continúa con esa importancia, en las naciones industrializadas, en cambio, la bioenergía, como un porcentaje de la oferta de energía primaria nacional, se ha reducido significativamente desde el siglo XIX. Por ejemplo, el 85% del total de la energía primaria de Estados Unidos provenía de la bioenergía en 1860, una cantidad que se redujo al 2,5% en 1973. En 1860 la fuente de energía dominante para uso residencial y desarrollo industrial de Estados Unidos era la leña, pero hacia 1910 había sido reemplazada por el carbón y, posteriormente, también por la adición del petróleo y el gas. La bioenergía ha sido subestimada por nuestras economías industriales por mucho tiempo, pero ya está experimentando un resurgimiento de suma importancia por una variedad de razones, todas relevantes para el desarrollo económico y la protección al ambiente en las propias naciones industrializadas.

La biomasa es la única fuente combustible de carbono que se considera como “emisora neutral de carbono”, en la medida en que su uso no incrementa el desequilibrio del CO₂ en la atmósfera. La conversión bioenergética de la biomasa opera dentro de los ciclos naturales del carbono de la Tierra, y por lo tanto, no contribuye a los problemas de cambio climático y del efecto de invernadero. Los análisis han mostrado que el potencial de calentamiento de invernadero de la combustión de biomasa es menor que el de los combustibles fósiles, incluyendo el gas natural, aún con el secuestro del carbono. Además, estos análisis han revelado que, con la única excepción del monóxido de carbono, la combustión de biomasa produce emisiones sustantivamente menores que la del carbón.

La energía derivada de la biomasa puede proporcionar importantes beneficios para las sociedades industriales modernas. Por ejemplo, la energía solar almacenada puede ser liberada continuamente cuando se usa como combustible en los vehículos, o para la producción de electricidad de “carga base”. Este aspecto permite que la bioenergía sirva como energía “niveladora” cuando se le usa en sistemas híbridos que también obtienen energía de las fuentes renovables intermitentes -por ejemplo, del Sol y del viento. Para los operadores de instalaciones basadas en fuentes intermitentes, contar también con plantas de bioenergía puede proporcionarles compensaciones económicas importantes a los ingresos derivados de los recursos intermitentes. Se ha reportado que la mitad de los desarrolladores de la energía del viento de Alemania están diversificándose hacia la biomasa y la bioenergía.

La biomasa puede mezclarse con carbón para reducir las emisiones al ambiente de las centrales carboeléctricas, o puede convertirse directamente a combustibles líquidos y, de paso, mejorar mucho las economías rurales a través de su producción y cosecha. Se ha estimado, por ejemplo, que el triplicar el uso de la energía de biomasa de EUA para el año 2020, podría producir 20 mil millones de dólares en nuevos ingresos para los granjeros y las áreas rurales. Y la creación y conversión de biomasa en bioenergía, biocombustibles y bioproductos, puede ser una fuente significativa de nuevos empleos. También se ha estimado que en EUA se crearon 66 mil nuevos puestos de trabajo y mil ochocientos millones de dólares en nuevos ingresos por la producción de electricidad con biomasa

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

durante el periodo de 1980 a 1990, y que la industria también ha atraído 15 mil millones de dólares en inversión de capital.

La eficiencia en la utilización del recurso bioenergético es tan importante como la cantidad de bioenergía que se utiliza. La eficiencia técnica se incrementa dramáticamente cuando se usa la bioenergía en aplicaciones donde se combina calor y energía eléctrica (CHP, por las siglas en inglés de *Combined Heat and Power*, que en español se denomina *Cogeneración*). En ellas se extrae energía a alta temperatura mediante la combustión de biomasa o biogás para la producción de electricidad, y el subproducto, de menor temperatura, se utiliza para la aplicación calorífica, como la calefacción de edificios de una zona delimitada. Esto es también un ejemplo de lo que los europeos llaman “el efecto cascada” de la energía.

Los daneses, por ejemplo, respondieron a una nueva política gubernamental para promover la cogeneración en un momento en que prácticamente nada de la electricidad danesa era producida en estos sistemas. En sólo 10 años (en el 2000) el 40% de toda la producción de electricidad danesa se ha convertido a cogeneración (junto con 18% más a energía eólica). Los quemadores de petróleo de las viviendas fueron relegados por el agua caliente proveniente de la nueva planta de calefacción del distrito (propiedad de la localidad), que utiliza materia prima local como la paja.

En 2001, el 20% de la energía de Finlandia provino de la conversión de bioenergía de residuos de madera, en aplicaciones de cogeneración. Un ejemplo que amerita resaltarse sobre el “efecto cascada” de la bioenergía es el de Jyväskylä Finlandia, donde una planta de energía eléctrica de 165 MW, alimentada parcialmente con madera, produce aproximadamente 65 MW de electricidad, llevando la energía térmica restante primero a la calefacción de edificios, y después, con temperaturas aún más bajas, a invernaderos para promover la producción de alimentos en el frío clima de esa latitud a los 61° norte. Los análisis han verificado que la tasa de reposición natural de la madera en los bosques cercanos es superior a la tasa de consumo de la planta.

Las consideraciones económicas, ambientales y sociales están llevando a la producción de bioenergía hacia nuevas tecnologías más eficientes, tales como la gasificación, para después utilizar el biogás producido, en sistemas de ciclo combinado con gasificación integrada (IGCC, por sus siglas en inglés). Finlandia ha producido la primera planta de este tipo, pionera mundialmente, de gasificación de biomasa, que ha sido operacional por cerca de seis años. Un programa de subsidios gubernamentales ha ayudado a la India a instalar un programa multi-megawatts con pequeñas máquinas de combustión interna con gasificación.

Brasil continúa siendo el líder mundial en la producción de etanol combustible a partir de biomasa (caña de azúcar), pero la producción de etanol de EUA (a partir del maíz) llega a cerca del 70% de la de Brasil, y pronto podrá alcanzarla como resultado de ciertos requerimientos gubernamentales (la Ley del Aire Limpio) para quemarlo más limpiamente con mezclas combustibles (de más elevado contenido de oxígeno). La Unión Europea,

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

que está promoviendo la eficiencia energética de los motores diesel, es el líder mundial en la producción de biodiesel (de semillas de oleaginosas), promoviendo también motores de combustión más limpia y reducir la contaminación por derrames accidentales. Los gastos, tanto en los combustibles como en dispositivos de control de las emisiones –que de otra manera se irían para recursos energéticos importados del exterior de la región o del país– son en cambio derivados hacia la creación de empleos y el mejoramiento de las economías locales y regionales. Este Libro Blanco demostrará que esto es cierto para todos los recursos de energía renovable.

Con todo este potencial económico y ambiental tan prometedor, ¿en dónde está situada la bioenergía en el presente, y a dónde podría llegar con más apoyo gubernamental? Tres estimaciones recientes colocan a la energía primaria global actual derivada de la biomasa en aproximadamente 46 exajoules (EJ), con 85% de ella aplicada en usos “tradicionales” (leña y estiércol), y 15% en usos industriales, como combustible, o como calor y potencia eléctrica combinados en la cogeneración. Si se pone en perspectiva, el uso de la energía primaria mundial para el año 2000 que fue de 417 EJ, el 11% de la energía primaria mundial hoy se deriva de la bioenergía. Esto corresponde en la actualidad a aproximadamente el 18% de la estimación del potencial mundial del recurso bioenergético, que es de aproximadamente 250 EJ.

¿En qué medida podría la bioenergía servir como una contribución significativa para la transición hacia las energías renovables? Las fuentes de material biomásico para la conversión a bioenergía son madera y residuos forestales, residuos de cultivos agrícolas, cultivos energéticos en tierras no utilizadas o de tierra degradada, así como desechos de animales y humanos, incluyendo el excepcional recurso energético humano de los residuos sólidos municipales. Aunque el potencial técnico futuro de los recursos de bioenergía puede estimarse con cierto grado de confianza, existe una combinación de incertidumbres en los múltiples caminos en que los recursos de bioenergía pueden ser reunidos o desarrollados, así como acerca de las políticas y prioridades sociales del futuro, que han de afectar profundamente el alcance real de este recurso energético renovable.

El potencial real de los recursos bioenergéticos es significativamente mayor que el reportado por su uso actual, y ofrece una atractiva oportunidad para muchos incentivos gubernamentales novedosos e iniciativas de políticas para incrementar la viabilidad económica y los beneficios ambientales de este recurso, sin importar que estos programas cuenten con recursos limitados. Programas gubernamentales vigorosos para alcanzar las ventajas de la bioenergía ayudarían también a establecer las prioridades sociales futuras y a reducir algunas incertidumbres técnicas y sociales, asegurando por lo tanto, que la bioenergía pueda continuar avanzando para alcanzar su potencial real para las economías mundiales, aún después de la transición hacia las energías renovables.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Por ejemplo, es de esperar que el mayor potencial futuro del recurso bioenergético provenga del aprovechamiento agrícola de tierras de cultivo “ociosas”. Pero la existencia de tales tierras dependerá de cómo la agricultura será utilizada en el futuro (es decir, si va a depender de insumos masivos de energía y de productos químicos o de si evoluciona progresivamente hacia métodos de producción realmente sustentable, con insumos de menor efecto degradante), y también de la competencia que pudiera darse para producir alimentos. Y esto último depende del crecimiento de la población en el mundo y de la *dieta promedio* mundial. Estas variables pueden conducir a toda una gama de proyecciones que van desde una significativa disponibilidad de tierra cultivable para la bioenergía, hasta ninguna en absoluto.

Recientemente, se han elaborado cuidadosos análisis para tratar de determinar el potencial bioenergético mundial alcanzable en el año 2050, bajo unos supuestos conservadoramente optimistas, aunque realistas. Ha surgido una estimación promedio de aproximadamente 450 EJ (10,8 Gtep), aunque como se sugirió anteriormente, ella podría ir desde cero a dos veces esta cantidad. Definitivamente, este potencial bioenergético no explotado es más que el total que representa el de la energía primaria actual.



Fig. 6a: Un granjero sembrando árboles para energía.
Fuente: NREL

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

En la actualidad se están definiendo las grandes metas para la bionergía y los gobiernos están apoyando nuevas actividades relacionadas. Una estimación reciente sugiere que tan sólo en Europa, la generación de bioenergía eléctrica podría crecer a 55 mil MW (55 GW) en el 2020. Y una “Visión sobre la Bioenergía y Productos Bio-basados en EUA”, recientemente publicada, establece metas para el 2020 del 5% de la demanda de electricidad y calor para la industria de ese país proveniente de bioenergía, del 20% de todos los combustibles para transporte a partir de biocombustibles, y que los productos bio-basados constituirán el 25% de los insumos químicos de EUA.

Para Australia y Tailandia se han anunciado nuevas plantas de bioenergía eléctrica en un rango de 30 MW a 40 MW. El Reino Unido está examinando nuevas plantaciones de cultivos de biomasa y recursos de residuos forestales para aplicaciones de cogeneración. En 2002, el gobierno finlandés elevó los subsidios de inversión para bioenergía en 40%, abriendo el camino para que sean rentables las plantas de pequeña escala alimentadas con biocombustibles. Esto aporta el beneficio adicional de elevar las ganancias de los aserraderos debido a que se estabilizan sus costos de energía.



Fig. 6b: Planta comunitaria de cogeneración, alimentada con paja de desecho que crece en una vecindad cercana, para 300 familias en Dinamarca.

Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Para que la bioenergía –o cualquiera de los recursos energéticos renovables–, tenga contribuciones significantes en la transición y más al futuro, se requieren eficiencias considerablemente mayores en la utilización final de la energía que las que ocurren en la actualidad. Una gran contribución absoluta de la bioenergía al enorme apetito mundial de energía podría ser relativamente pequeña, pero esa misma cantidad podría ser altamente significativa en un mundo eficiente. *La política gubernamental hacia ambas, la bioenergía y eficiencia energética, estaría siendo motivada por la esperada significancia de los beneficios económicos y ambientales de los resultados.*

El porcentaje real de la demanda de energía primaria mundial en el 2050, que podrían representar los 450 EJ de bioenergía depende, por lo tanto, de los supuestos sobre el crecimiento de energía mundial en los siguientes 50 años. Uno de los escenarios plantearía que 450 EJ de bioenergía equivalen al 15% de los requerimientos en un mundo en el que la demanda global de energía primaria en los siguientes 50 años se habría incrementado 500% por encima de los valores actuales. La visión de este Libro Blanco es la de una transición hacia las energías renovables que conduce a que más del 50% de la energía primaria mundial provenga de energía renovable para el 2050, sugiriendo que, tal vez como mínimo, la bioenergía podría producir cerca de un tercio de ese requerimiento.

El desarrollo de la bioenergía, al igual que el de todos los otros recursos de energía renovable, también se acelerará cuando muchos de los “costos” sean reconocidos como “beneficios económicos”, que contribuyen –y no merman– la economía. En bioenergía esto es definitivamente cierto; por ejemplo, mediante la creación de nuevos empleos y mejoras para las comunidades rurales y las granjas. Un análisis de 1992 mostró que ya entonces se estaban sosteniendo 66 mil empleos en EUA mediante ingresos de las industrias de la madera y de la biomasa y que, si se comercializaban en EUA los cultivos energéticos y las tecnologías avanzadas, el potencial podría ser tan alto como de 284 mil nuevas plazas laborales para el 2010. Muchas de éstas se ubicarían en áreas rurales y también proporcionarían suficientes ingresos extras para ayudar a los granjeros a mantener sus tierras.

La bioenergía también contribuye al balance del carbono en la Tierra (por ejemplo, evitando futuros impuestos por emisiones de carbono) y puede contribuir al mantenimiento de la biodiversidad, ofreciendo ecosistemas adecuados para algunas especies de pájaros y de la vida silvestre cerca de las zonas urbanas. Cuando todas estas ventajas sean cuantificadas en un nivel regional, estatal o de país, y cuando los “costos” de la energía sean vistos desde el balance total de las prioridades gubernamentales y de los beneficios sociales, la bioenergía y los otros recursos energéticos renovables se verán mucho más económicos que lo que aún parecen sugerir los tradicionales y estrechos análisis sobre costos de la energía.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Energía geotérmica

Los humanos siempre han buscado las comodidades y siempre han sido avisados en el uso de los recursos naturales; así, no sorprende que haya evidencias arqueológicas que sugieren que posiblemente durante 10 mil años los nativos americanos disfrutaran los beneficios de las fuentes termales naturales. Es bien sabido que estos beneficios también fueron explotados por los griegos y los romanos hace dos mil años. El primer sistema distrital de calefacción geotérmica del que se tiene noticia en el mundo, fue construido en Chaudes-Aigues, Francia, en el siglo XIV, y continúa operando en la actualidad.



Fig. 7: Larderello, Italia, lugar en donde comenzó la producción de energía geotermoeléctrica en el mundo y se efectuó el primer experimento para producir electricidad usando vapor geotérmico, el 15 de julio de 1904. Luego fue el sitio de la primera planta de generación de energía eléctrica del mundo, con 250 kW eléctricos, en 1914. Larderello está localizado en el punto geotérmico más caliente en toda Europa y actualmente produce cerca de 400 MW netos de energía geotermoeléctrica.

Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Desde el año 1175 ya se extraían ciertos minerales de aguas geotérmicas y, a principios del siglo XX algunas sustancias químicas de las aguas termales; ambos factores condujeron a la creación de nuevas industrias en el área de Larderello, Italia, que posteriormente mostró ser el punto geotérmico más caliente de todo el continente europeo. El príncipe Ginori Conti generó electricidad a partir de vapor geotérmico por primera vez en el mundo, el 15 de julio de 1904, en Larderello. La primera planta de energía eléctrica geotérmica, de 250 kW_e de capacidad, fue posteriormente construida allí en 1913, y en 1914 proporcionó energía eléctrica a plantas químicas y a muchas villas en la región Toscana de Italia. Actualmente el campo geotérmico de Larderello produce 400 MW de potencia eléctrica.

Debido a que los combustibles fósiles eran entonces la “novedad”, hubo una pausa de 45 años antes de que se construyeran nuevas plantas de energía eléctrica geotérmica, primero en Nueva Zelanda en 1958, después una planta experimental en México en 1959, seguidas por el comienzo del desarrollo del recurso geotérmico en el área de *Los Géiseres*, ubicada ligeramente al norte de San Francisco, EUA, en 1960. Aunque los recursos de energía geotérmica no están disponibles en todas las naciones, actualmente 67 de ellas utilizan energía geotérmica, con una producción de energía eléctrica geotérmica en 23 naciones; así, la geotermia es un recurso cuando menos presente, aunque no uniformemente disponible. Siguiendo a la bioenergía, la geotermia es hoy el segundo mayor recurso energético renovable no hidráulico en el mundo. Por esa razón se presenta como el segundo recurso en este Libro Blanco.

Pero ¿es realmente “sustentable”? El lugar conocido como “Los Géiseres”, hasta la fecha el sitio más grande en el mundo de generación de energía eléctrica geotérmica, fue rápidamente desarrollado para 2 mil MW de plantas generadoras, con lo que eventualmente se vaciaron los pozos de vapor a una tasa mayor de la que pudieron ser repuestos por el agua fluyendo hacia las fuentes de calor geotérmicas. Esta situación forzó la reducción de la producción de energía eléctrica hasta por debajo de los mil MW.

Sin embargo, también produjo una sinergia muy útil, en la cual 340 litros por segundo (5 400 galones por minuto) de agua residual tratada, próximamente será bombeada a 48 km de la ciudad de Santa Rosa a los campos geotérmicos, y reinyectada al acuífero subyacente. El proyecto de recirculación del efluente del *Lago County* ya está en proceso y devuelve 70 MW a la red. La energía extra producida por el vapor adicional, producto de la inyección de agua, es mayor que la energía necesaria para bombear el agua residual. De esta forma, se logran dos beneficios simultáneos: la disposición de esta agua y la producción incrementada de potencia geotérmica y representa una oportunidad de hacer dinero tanto para la ciudad como para los desarrolladores geotérmicos.

Sin embargo, la lección importante aprendida de la experiencia en Los Géiseres es que, mientras la energía geotérmica es renovable, es sólo sustentable cuando la extracción de la energía de calor está en equilibrio con la velocidad de reposición del recurso. Se ha mostrado que para fuentes de agua caliente y vapor, esto ocurre suficientemente rápido como para producir oportunidades de potencia geotérmica realmente sustentables,

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

siempre y cuando se trate de un recurso *probado* en cantidad y sustentabilidad antes de su explotación, y que no se extraiga en exceso. La extracción de energía geotérmica del calor del magma cercano a la superficie, como en la isla de Hawai o en Islandia, es probablemente un recurso también sustentable en la escala de tiempo de las sociedades humanas. Pero para la producción eléctrica a partir de la energía del calor de rocas calientes mucho más profundas debajo de la superficie, la reposición del calor geotérmico extraído de la roca puede ocurrir muy lentamente y por lo tanto, puede ser “agotable” en la escala de tiempo de las sociedades humanas.

Cabe preguntarse, ¿en dónde se sitúa la energía geotérmica en la actualidad y, en el futuro, cuál es su potencial de expansión que podría garantizar políticas gubernamentales serias y apoyo financiero? La energía geotérmica se usa ya sea directamente, como un recurso de calor útil y para la generación de energía eléctrica. Con relación a esto, la última estimación de la capacidad mundial instalada de energía geotermoeléctrica era de ocho mil megawatts (MW_e) en el 2002, y se generaban 50 mil gigawatts-hora (GWh_e) de energía anuales, primordialmente como potencia de carga base, para proporcionar servicio eléctrico a 60 millones de personas, cuya mayoría vive en naciones en vías de desarrollo. Esto ahorra 12,5 millones de toneladas de combustóleo cada año.

Para el 2002 el uso directo mundial de la energía geotérmica se estimó en 15 200 MW_t , proporcionando 53 mil GWh_t ese año. Esto ahorra adicionalmente 15,5 Millones de toneladas de petróleo anuales. Los usos finales para el empleo directo de la energía geotérmica son muy diversos, e incluyen la calefacción de espacios, el calentamiento de agua doméstica y de albercas, bombas de calentamiento geotérmico, calentamiento de invernaderos, estanques de acuicultura y calentamiento para aceleración del crecimiento pecuario, el secado de productos agrícolas, el acondicionamiento de aire mediante ciclos de absorción, la fusión de nieve, y un gran número de otros usos de pequeña escala. El uso sencillo más generalizado es para calentamiento de espacios y absorbe aproximadamente el 37% de la energía geotérmica directa mundial.

La energía geotérmica puede proporcionar energía de manera económica a muchos países del mundo. Produce pocos o ningún contaminante, en tanto que contribuye a la autosuficiencia energética de ciudades, regiones y naciones. El factor de disponibilidad de 95% para la generación de energía eléctrica geotérmica puede aumentar el valor de la cartera de muchos de los recursos de energía renovable intermitente. La energía geotérmica puede contribuir directamente a la creación de nuevos empleos e industrias, y a elevar la actividad económica local y regional. A los gobiernos en donde están disponibles los recursos geotérmicos corresponde ofrecer incentivos para promover y acelerar la mayor aplicación de la energía geotérmica.

La mayor aportación de la generación mundial de energía eléctrica geotérmica (en $GWh_e/año$) está en América (Norte, Central y Sur), colectivamente con 47,4% de la total producción mundial de esa energía, seguidas por Asia (incluida Turquía), con 35,5% y Europa con 11,7%. El uso en mayor proporción de energía geotérmica directa está en

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Asia (incluyendo Turquía), con 45,9% del total mundial, seguida por Europa con 35,5% y América con el 13,7%.

El tamaño del recurso geotérmico es enorme. Una estimación del Departamento de Energía de EUA indica que la energía térmica en los diez kilómetros superiores de la corteza terrestre equivale a 50 mil veces la energía de todos los recursos conocidos en el mundo de petróleo y gas. Otra estimación sostiene que el potencial de energía geotérmica –tan sólo para el oeste de EUA– es catorce veces las reservas probadas y probables de carbón en EUA. Proyecciones razonables sugieren que podría alcanzarse al menos un 10% de crecimiento por año en las aplicaciones de la energía geotérmica para el 2010, lo que conduciría a 20 100 MW eléctricos y 39 250 MW térmicos de potencia geotérmica mundial para el 2010. Otras proyecciones sugieren que entre 35 mil y 72 mil MW de capacidad de generación eléctrica podrían instalarse utilizando la tecnología actual, en que la cifra más alta representaría el 8% de la producción eléctrica total del mundo.

Las Filipinas tienen la mayor proporción de energía eléctrica producida geotérmicamente en su cartera, con 27% (en 2002) de la oferta nacional de energía eléctrica. Filipinas aspira a convertirse en el usuario número uno de energía eléctrica geotérmica. Sin embargo, se ha reportado que treinta y nueve países podrían estar 100% suministrados con energía eléctrica geotérmica, cuatro más con 50%, cinco más con 20% y ocho más con 10%, demostrando que la energía geotérmica puede ser un recurso principal para cuando menos 58 países.

No es necesario tener un potencial de energía geotérmica que pueda proporcionar un porcentaje grande del consumo de energía total nacional para que la energía geotérmica sea económicamente benéfica. En Hawai la energía geotérmica se concentra en la “Isla Grande” (Hawai), mientras que el grueso de la población se concentra en la isla de Oahu. La producción de hidrógeno a partir de la electricidad producida por energía geotérmica está cerca de convertirse en opción en Hawai al igual que en Islandia, y anuncia un modelo en el que el hidrógeno se convierte en el “portador” de la energía geotérmica movida desde localidades de fuentes remotas a los centros de población y para múltiples usos finales como combustible. Donde esté disponible la energía geotérmica aún en pequeñas cantidades puede, junto con la bioenergía, proporcionar un recurso para ayudar a “nivelar” una cartera que disponga de grandes cantidades de recursos intermitentes (Sol y viento, por ejemplo).

La industria geotérmica crea trabajos en todos los aspectos de prospección, desarrollo y aplicación de su energía. Las instalaciones geotérmicas producen cuotas de arrendamiento, impuestos y derechos de producción a los gobiernos locales. Los usos finales de la energía geotérmica producen más trabajos, nuevas industrias e ingresos adicionales. La industria geotérmica en EUA, la mayor a nivel mundial, es una industria de mil quinientos millones de dólares anuales. En los próximos 20 años la energía geotérmica podría convertirse en una industria en el mundo entero de un valor entre 20 mil millones a 40 mil millones de dólares.

Potencia del viento y otros recursos energéticos renovables intermitentes

Energía y potencia del viento

Se puede decir que la energía del viento, o eólica, es energía solar ya removida. La energía que se requiere para mover las masas de aire proviene del calentamiento solar desigual de la atmósfera y de la superficie de la Tierra, que ocasiona una distribución no uniforme de la presión del aire, y éste se mueve de las zonas de alta a las de baja presión. De este modo, la energía eólica proviene de la energía solar. El intento de la naturaleza por reparar estas desigualdades produce el gran flujo de aire, desde niveles locales hasta niveles globales de muy grande escala. De esta forma, parte de la energía térmica del Sol se convierte en energía cinética del aire. Gigantescas palas movidas por los vientos hacen girar potentes generadores, convirtiendo la energía del viento en electricidad. La potencia de un viento de 40 km/h soplando a través de un metro cuadrado de área interceptada es equivalente a la densidad de potencia del Sol brillante sobre un metro cuadrado del suelo (aproximadamente mil watts/m²). La energía total transportada por los vientos en la Tierra, por lo tanto, es enorme. La energía accesible para el desarrollo humano que puede ser extraída de los vientos es también formidable.

En la actualidad operan cerca de 60 mil turbinas de viento para servicio público en 45 países, así como en 27 estados de EUA, con una capacidad de potencia de viento instalada que en total excedía los 32 mil MW (32 GW) a finales del año 2002. Alemania, como líder mundial con 12 mil MW de capacidad instalada de generación de energía eléctrica con viento en ese año, produjo cerca de 20 mil millones de kWh (20 TWh) a finales del 2002, para cubrir el 4,7% de sus necesidades de electricidad, mientras que actualmente el 20% de la electricidad de Dinamarca proviene de la generación de electricidad con el viento.

El área de *Schleswig-Holstein* de Alemania tenía ya en junio del 2003, sobrepasada su meta para el año 2010, de una cobertura del 25% de sus necesidades de energía eléctrica proveniente de la potencia del viento, y en la actualidad 26% de la electricidad de la región se basa en ésta. Este recurso energético renovable de bajo costo y fácilmente disponible, que está creciendo a una tasa del 32% anual, ha conducido a una tasa de instalación de nuevos proyectos eólicos alrededor del mundo para los años 2001 y 2002, valuados en aproximadamente siete mil millones de dólares por año, esperándose una aceleración renovada del crecimiento para el año 2003. El precio de la electricidad generada con el viento es actualmente competitivo frente a las nuevas plantas de generación de energía eléctrica accionadas con carbón, y dicho precio debería continuar a la baja hasta que sea la más barata de todos los recursos nuevos de producción de electricidad. La industria eólica está creando nuevas y significativas oportunidades económicas. Una meta mundial realista para las instalaciones de electricidad con viento en 2007 es de 110 GW, que representan 100 mil millones de dólares en inversiones e igualan la capacidad instalada de todas las plantas nucleares de generación de energía eléctrica de EUA. En el año 2007 las instalaciones de energía eléctrica eólica podrían

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

también representar el 24% mundial de todas las instalaciones nuevas de potencia. Una estimación afirma que la industria del viento podría representar un valor de 25 mil millones de dólares al año para 2010, o aproximadamente 130 mil millones de dólares en valor acumulado de las instalaciones eólicas.

A partir de 1979, el fabricante danés de turbinas de viento *Vestas* ha construido cerca de 11 mil turbinas que han sido instaladas en 40 países. Esta industria es una de las principales fuentes de trabajo del país y de ingresos por exportación. Se ha estimado que los 12 mil MW de energía eólica instalada en Alemania a finales del 2002 han creado 42 mil empleos permanentes -uno por cada 285 kW de capacidad instalada. También se ha observado que mucho del apoyo para el desarrollo eólico en España ha surgido *de abajo hacia arriba*, apoyándose en los gobiernos regionales que desean impulsar la creación de nuevas fábricas y generar más empleos.

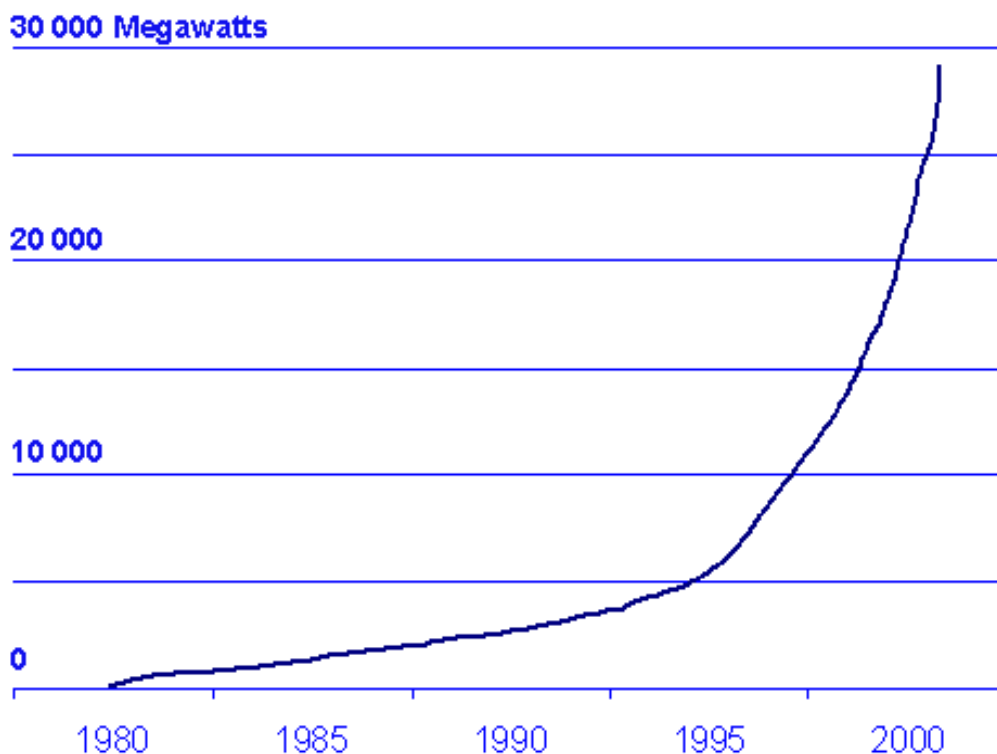


Fig. 8: El crecimiento dramático en la capacidad mundial eólica instalada de 1980 a 2002. La tasa de crecimiento reciente de 32% por año podría conducir a una capacidad instalada de 110 mil MW (110 GW) a finales de los próximos cinco años.

Fuente: Worldwatch Institute, actualizado por el Instituto de Política de la Tierra de BTM Consultores, la Asociación Norteamericana de Energía del Viento y la Asociación Europea de Energía del Viento, Revista Wind Power Monthly.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Las turbinas eólicas que se observan en las granjas y los campos en toda Europa, EUA e India van “viento en popa” para las economías rurales. Contrario a la reiterada aseveración del *lobby* de la industria del carbón de que el desarrollo del viento “toma” cantidades masivas de tierra, el desarrollo eólico es plenamente compatible con las actividades de las granjas agrícolas y los ranchos ganaderos. La cantidad de terreno que ocupan las turbinas de viento colocadas en una granja o un rancho podrían representar tan sólo el 1% de la tierra cultivable, que se toma fuera de la producción agrícola, o de sólo 5% cuando se permiten caminos de acceso a ellas. Esta leve pérdida del uso agrícola suele exagerarse mucho; sin embargo, se contrarresta por los beneficios económicos que aporta a los dueños de los terrenos.

Por ejemplo, el dueño de una granja con tres turbinas que invirtió en un desarrollo eólico con un buen régimen de viento e instaló turbinas de 750 kW, podría obtener 40 mil dólares netos por año, mientras que, en forma simultánea, paga el préstamo de la construcción correspondiente en 10 años, para después obtener un ingreso neto superior a los 100 mil dólares por año. El solo ingreso por arrendamiento del espacio para las turbinas, puede duplicar los ingresos por acre de los granjeros o rancheros, agregando una fuente de ingreso independiente de las sequías y de los precios fluctuantes de los insumos para la producción. Este ingreso puede marcar la diferencia entre un pequeño productor que tiene que vender su propiedad o que le permite seguir explotándola.

Los recursos eólicos y sus beneficios económicos están a la vista, independientemente del estado económico del país. En la actualidad la India ocupa el quinto lugar mundial en las aplicaciones generales de potencia eólica, con mil setecientos MW instalados a finales del 2002, y podría tener un total desarrollable de unos 45 mil MW. El Ministerio de Recursos Energéticos No-Convencionales de la India, promueve al viento como un medio para diversificar la economía energética del país y para comenzar a apartar a la India del petróleo, el gas natural y el carbón.

El recurso del viento no es ni será una limitación para el desarrollo de la energía eólica en todo el mundo. La experiencia ha demostrado que las metas para las instalaciones de electricidad con el viento que previamente parecían ambiciosas, se han alcanzado fácilmente y, en consecuencia, están siendo revisadas para elevarse en el futuro. La experiencia de las empresas públicas muestra que resulta práctico un mayor porcentaje de penetración de sistemas de potencia eólicos. Actualmente, se destinan miles de millones de dólares para nuevas industrias y se están creando miles de nuevos empleos permanentes, para el beneficio de los países que están invirtiendo en este recurso globalmente disponible. Los costos de generación eléctrica por medio del viento son competitivos frente a los de la generación eléctrica basada en combustibles fósiles (y ciertamente por debajo de los costos de la generación nuclear). Sin embargo, se requieren políticas, metas firmes e incentivos gubernamentales, para proporcionar seguridad a la comunidad financiera, de manera que puedan continuar invirtiendo en la expansión de la industria eólica y se incorporen los beneficios sociales no cuantificados de la producción eléctrica local, confiable, sustentable y limpia.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

En la India se han construido fábricas que permiten tanto la manufactura local de los componentes de las turbinas hasta en un 70%, como que el sistema completo se ensamble e instale con mano de obra local, generando importantes nuevos empleos en un país sediento de ellos, y canalizando los ingresos de la energía hacia las economías locales. La propiedad local de las turbinas eólicas atiende al factor de la baja confiabilidad de la infraestructura eléctrica de la India, agregando así valor a las fábricas o negocios, como un elemento favorable al desarrollo de agrupaciones de empresarios privados constituidos como pequeños generadores, en lugar de grandes empresas generadoras públicas o privadas.

Recientemente se han revaluado las estimaciones sobre la potencia del viento y el potencial energético para considerar las nuevas tecnologías de turbinas eólicas, que operan más eficientemente en bajos regímenes de viento, y a las que se instalan a mayores alturas sobre el suelo, tomando en cuenta el rápido crecimiento del tamaño de las turbinas (la potencia promedio mundial de las nuevas turbinas excedió 1 MW en el año 2002). La revaluación también considera las instalaciones “costa-afuera”, que hoy constituyen las aplicaciones que muestran el desarrollo más dinámico.

Un resultado de esta revaluación es que más allá de tan sólo cubrir todos los requerimientos de generación de electricidad en EUA, la potencia del viento podría suplir todas las necesidades de energía de ese país. Otras estimaciones sugieren que en el futuro la potencia del viento podría satisfacer todas las necesidades de electricidad del mundo y tal vez aún todas las necesidades energéticas mundiales.

Aún si estas estimaciones prueban ser optimistas, una meta del 12% de la demanda eléctrica a partir del viento para 2020 (equivalente al 20% del consumo eléctrico mundial en 2002) parece estar al alcance de manera realista. Esto implicaría entre 1 y 1,25 millones de MW de capacidad instalada, y producir poco más de tres mil millones de MWh por año. La meta de la Unión Europea de un 20% en la cobertura de la demanda eléctrica europea para el año 2020 también es alcanzable. Este escenario para el desarrollo de la energía eólica sería consistente con el ritmo histórico del desarrollo de la hidroelectricidad y la energía nuclear.

Es importante resaltar que los 32 mil MW nominales de capacidad eoloeléctrica instalada para finales de 2002 contribuyeron únicamente con el 0,4% de la energía eléctrica suministrada en ese año en todo el mundo. Si se hacen realidad las proyecciones que sugieren 177 mil MW instalados para el año 2012, apenas el 2% del suministro eléctrico a nivel mundial se habría alcanzado, pero el crecimiento sería exponencial, de modo que las metas para el 2020 seguirían siendo razonables y factibles.

Alcanzar alta penetración de la energía eólica y de otras fuentes renovables de energía intermitentes

La experiencia ganada hasta la fecha en países y regiones que disponen de una parte significativa del recurso eólico en su canasta de producción de energía, muestra que la disponibilidad del recurso energético de naturaleza intermitente, dentro del marco actual de la operación de las redes de las empresas generadoras satisface por lo menos 20% de los requerimientos de energía eléctrica. En regiones de Dinamarca, 20% de la energía eléctrica, en promedio, proviene de la energía eólica, y se busca que con el tiempo el 100% de su energía eléctrica provenga de redes locales de turbinas de viento. La región de Schleswig-Holstein de Alemania presenta un promedio de penetración del 29% de la energía eólica para satisfacer las necesidades de energía eléctrica del área. *Los objetivos internacionales para el desarrollo de la energía del viento para el 2020 por lo tanto son, de alguna manera, realistas y económicamente viables dentro de la actual infraestructura instalada de las empresas generadoras.*

Los recursos eólicos y la energía solar radiante son fenómenos meteorológicos bastante predecibles dentro de un período de 24 horas, lo cual normalmente proporciona suficiente tiempo para planear y facilitar ajustes a los flujos de energía en las redes. La escala geográfica de las interconexiones de energía renovable a través de una red de transmisión local es muy amplia; esto permite que un recurso bajo de viento en una región pueda ser compensado por el viento disponible en otra, o que esa disponibilidad baja del recurso eólico, en cualquier momento y lugar, pueda ser compensado por el gran recurso solar de una región diferente (siempre y cuando la región o país haya aprovechado la oportunidad de desarrollar e interconectar una amplia variedad de recursos energéticos renovables complementarios). Las redes de transmisión regional e internacional permiten la importación y la exportación de electricidad renovable a través de diferentes regiones climáticas, y facilitan, por tanto, una mayor penetración de los recursos energéticos ambientales intermitentes. Tales redes multinacionales se están considerando seriamente para apoyar la alta penetración de energía renovable a través de Europa y Escandinavia.

La capacidad para incrementar la penetración de la energía proveniente de recursos intermitentes en las redes para uso más allá de la cifra accesible de cerca del 20%, requerirá de características técnicas y políticas adicionales. Por ejemplo, la disponibilidad de un respaldo eléctrico estable, tal como el de Dinamarca, que goza de una línea de interconexión de transmisión con Alemania, que ha permitido una mayor penetración de la energía eólica danesa a la red, demostrando así que la cooperación internacional, más allá de las fronteras nacionales, puede hacer viable el desarrollo de la energía renovable. La confiabilidad de tal respaldo “dorsal” también puede descansar en un grado considerable en los recursos energéticos renovables destinados a la carga base donde exista disponibilidad de éstos, tales como la hidroelectricidad, la bioenergía y la energía geotérmica. La energía hidroeléctrica, por ejemplo, está disponible y es ajustable en períodos cortos. La conversión del recurso hidroeléctrico en carga base a un nivel intermedio, en sistemas con altas penetraciones de energía eólica y solar, puede mejorar

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

la confiabilidad y elevar el potencial de la capacidad del recurso renovable de la red eléctrica en su conjunto.



Fig. 9a, b: Las granjas eólicas son compatibles con los sembradíos, como en Dinamarca, fotografía de arriba, y con la ganadería, como en Estados Unidos, fotografía de abajo. Los ingresos por las instalaciones eólicas en ranchos y granjas son una nueva fuente importante de ingresos en las áreas rurales.
Fotografías tomadas por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Los estables recursos energéticos disponibles localmente, que contribuyen a nivelar las cargas, a veces pueden también trabajar en sinergia con otras metas nacionales relacionadas con la eficiencia energética, tal como la conversión del 40% de las fuentes de combustión nacionales para generación de energía eléctrica en Dinamarca durante la década de 1990, a sistemas de cogeneración. Muchos de estos nuevos sistemas de cogeneración son pequeños: plantas de bioenergía locales que obtienen su combustible de la biomasa de campos cercanos. Esto no solamente convierte el calor de desecho en trabajo útil, incrementando grandemente la eficiencia de los combustibles quemados, sino también proporciona las fuentes de energía que podrían modularse localmente para balancear la producción de aerogeneradores o de granjas eléctricas solares. De esta manera, ciertos granjeros, dueños y operadores de plantas de biomasa, y operadores y propietarios de aerogeneradores o sistemas solares, reciben los fondos que, de otra manera, habrían sido destinados a la compra de energía eléctrica generada mediante combustibles importados.

Sin embargo, en el futuro los mecanismos para almacenar energía requieren ser desarrollados y adoptados. Actualmente se lleva al cabo un trabajo serio orientado hacia el perfeccionamiento de un número de tecnologías de almacenamiento de energía, tales como capacitores, baterías y celdas de combustión, resortes, volantes, aire comprimido, o bombas para el almacenamiento de agua en represas. Por ejemplo, en el Reino Unido ha sido construida una “batería de flujo” con capacidad de 120 MWh, y una salida máxima de energía de 15 MW. La descarga puede ser en minutos u horas (limitado por la razón máxima de entrega de energía), y puede ser ciclado indefinidamente. También se realizan progresos en otras tecnologías de almacenamiento.

Algunas notas acerca de la transición hacia el hidrógeno

En el largo plazo, el candidato más probable para el almacenamiento de energía obtenida de fuentes renovables de energía intermitentes es el hidrógeno, el cual puede convertir la electricidad derivada de la energía renovable en un combustible. Para reforzar este desarrollo, el hidrógeno como fuente de energía sería impulsado por su potencial para transformar tanto los sistemas de transporte como los estacionarios en todo el mundo. Múltiples fuentes remotas de energía renovable en áreas de atractivo potencial de energía eólica, solar o geotérmica pueden convertirse en fábricas de hidrógeno. La distribución de ese hidrógeno para su uso local, distribuido en celdas de combustión (las cuales son también dispositivos de cogeneración), permitirá entonces a la

La sinergia entre el desarrollo del hidrógeno y la aplicación de las tecnologías de energías renovables, será significativa. El hidrógeno -un tipo de energía limpia cuando es quemado-, puede ser producido por fuentes limpias de energía. Y la energía de estos recursos limpios será convertida en combustible para las aplicaciones específicas que demandan energía limpia, completamente desacoplada de las fluctuaciones de las fuentes de energía renovables. Los valores económicos y sociales del hidrógeno y las fuentes de energía renovable, cobrarán importancia por esa sinergia. Las transiciones paralelas de la energía renovable y del hidrógeno se verán mutuamente apoyadas.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

energía renovable original ser entregada como potencia eléctrica o calor según la demanda, en el lugar requerido.

La transición hacia la energía renovable, empero, no necesita esperar para promover un mejor desarrollo en otras tecnologías. Las aplicaciones extensas y a gran escala de las tecnologías de almacenamiento de energía podrían no ser necesarias sino hasta después de 2020, y quizás no hasta 2030. El desarrollo del hidrógeno como combustible y sus aplicaciones procederá independientemente de la transición hacia la energía renovable y se verá impulsada por los atractivos beneficios económicos propios de la transición del hidrógeno y alentada por vigorosos programas gubernamentales. Para entonces, se puede esperar que el hidrógeno y su correspondiente infraestructura estarán lo suficientemente listos para apoyar mayores niveles de penetración de los recursos intermitentes de energía renovable.

El corolario de este argumento, sin embargo, es que el éxito ambiental de la transición del hidrógeno dependerá enteramente de la utilización de fuentes renovables de energía, en vez de la de las fuentes de energía convencionales para producirlo. Esto fue enfatizado por Romano Prodi, presidente de la Comisión Europea en un discurso en junio de 2003: *“Es nuestra meta declarada alcanzar un cambio paso a paso hacia una economía completamente integrada del hidrógeno, basada en energía renovable para mediados del siglo”* (Fuente: *Renewable Energy World*, Julio/Agosto, 2003.)

El uso directo de la energía solar

Panorama general

Los usos indirectos de la energía solar, como la hidroelectricidad, la energía eólica y la bioenergía, junto con el recurso ambiental considerado no solar, como la geotermia, actualmente producen una cantidad de energía que supera ampliamente la combinación de todas las aplicaciones directas de la energía solar radiante, y quizás continuarán haciéndolo así durante dos décadas más. Pero el valor de los recursos energéticos renovables en el futuro no se medirá en kilowatts-hora producidos. La gran ventaja económica de muchos de los usos de la energía solar se manifiesta en los usos finales directos y sus aplicaciones distribuidas, en el gran valor de la seguridad de muchas de estas aplicaciones, en las grandes ventajas económicas de valor agregado de las muchas tecnologías de energía solar y sus relativamente nuevas industrias, en la disponibilidad de energía solar radiante donde otros recursos no están presentes (por ejemplo, los desiertos, áreas con vientos bajos, etcétera), y en la importancia de desarrollar una cartera variada de fuentes de energía renovables para ofrecer estabilidad al sistema y confiabilidad al recurso, apoyando todos la importancia crítica de las aplicaciones directas de la energía solar y las políticas gubernamentales para acelerar esas aplicaciones.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales



Fig. 10a, b: La energía solar en toda su diversidad: La casa, localizada en Boston, Massachusetts (diseñada por *Solar Design Associates*) comprende un diseño con base en la eficiencia energética, calentamiento pasivo solar de espacios, iluminación natural, calentamiento solar activo de espacios, calentamiento solar de agua y electricidad solar, todo integrado para producir una casa con "consumo neto nulo de energía". Pero igualmente importante es el uso de la energía solar para satisfacer las necesidades esenciales, tales como el suministro de agua potable, electricidad y medicinas, de los países en vías de desarrollo, representado por el sistema de bombeo de agua potable con módulos fotovoltaicos en la India, mostrado en la fotografía de abajo.

Fig. 10b: Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

La energía del Sol puede utilizarse directamente para calentar o iluminar edificios, para el calentamiento de las piscinas de los sectores de altos ingresos o las de una comunidad, o para suministrar agua caliente doméstica para satisfacer requisitos térmicos e higiénicos básicos, tanto para ricos como para pobres, en países desarrollados o en vías de desarrollo. La energía radiante del Sol también puede proporcionar agua muy caliente o vapor para procesos industriales, fluidos calientes a través de la concentración de la radiación para producir electricidad en plantas generadoras termoeléctricas, o para hacer funcionar máquinas térmicas directamente, y para producir electricidad a través del efecto fotovoltaico.

La energía radiante del Sol puede ser usada directamente para mejorar la seguridad pública, suministrar iluminación y refrigeración a la comida y medicinas a las mil ochocientos millones de personas en el mundo que aún carecen de electricidad, y para proveer comunicación a todas las regiones del mundo. También puede ser utilizada para producir agua dulce desalando agua del mar, para sistemas de bombeo de agua e irrigación, y para la depuración de aguas contaminadas y quizás ofrezca la solución a las necesidades más críticas del mundo: obtener agua limpia para beber y producir alimentos. Incluso puede aprovecharse para cocinar utilizando estufas solares, y sustituir así la permanente recolección de leña –que usualmente recae sobre los hombros de las mujeres–, la cual también degrada los ecosistemas y contamina el aire dentro de las chozas de los pobres.

Esta diversidad de oportunidades hace que la energía solar sea una opción sumamente atractiva para tantas aplicaciones, con un importante potencial crítico para todas las culturas, regiones, economías y personas del mundo.

Por supuesto, estas aplicaciones sólo proporcionan energía durante las horas de luz diurna, y trabajan mejor donde es mayor la insolación, lo que es mencionado frecuentemente como serias limitaciones de la utilidad de la energía solar. Pero con un diseño apropiado y los materiales adecuados, la energía solar que entra a un edificio durante el día puede mantenerlo caliente y confortable durante la noche, y mientras los tanques de agua estén bien aislados puede almacenarse agua calentada con el Sol para su uso durante todo el día o la noche. Comúnmente las personas residen en el lugar de trabajo durante las horas de luz solar, que es cuando, mediante un cuidadoso sombreado utilizando la luz del día, se puede sustituir la demanda

Impulsar el extenso uso de tecnologías y metodologías solares es hoy más un asunto de política pública y liderazgo político que de tecnología o economía. La tecnología y la economía mejorarán con el tiempo, pero están lo suficientemente avanzadas en el presente como para permitir una gran penetración de la energía solar dentro de las principales tendencias de las infraestructuras social y energética. Ahora pueden fijarse con confianza metas significativas para obtener grandes mejoras del porcentaje de eficiencia energética e incrementar las aplicaciones de energía solar y renovable para los próximos 50 años, lapso en el cual el mundo deberá satisfacer más del 50% de sus necesidades energéticas con recursos ambientales localmente disponibles que en mayor proporción consisten en los usos directos e indirectos de la energía solar. No hay limitaciones del recurso en este escenario.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

de energía eléctrica y las fugas del calor derivado de la iluminación artificial. La iluminación natural de edificios es adecuada aún en los días nublados. Generalmente las empresas requieren calor de procesos industriales durante el día, y la principal demanda de electricidad se registra también durante las horas diurnas.

Como resultado, la *efectividad de producción* de la energía solar es más una cuestión de su capacidad para satisfacer las necesidades de los usuarios que una cuestión relacionada con el tiempo de su captura. Ello es también cierto respecto a la coincidencia de la energía solar radiante con las necesidades de la red eléctrica, que tiende a tener su pico por las tardes, especialmente en los días soleados calientes, así que el “factor de capacidad” o la producción promedio en 24 horas, de los sistemas de energía solar, tiene poco significado económico. El *factor efectivo de capacidad* de producción de energía eléctrica solar, es decir, la disponibilidad de la producción de electricidad por la energía solar cuando ésta se necesita, en ocasiones excede el 80% ó el 90%, y asciende frecuentemente a 3 veces el “factor de capacidad” físico, mientras que otras aplicaciones solares, como el calentamiento de agua, de piscinas y espacios, puede entregar su aportación del calor capturado durante el día y almacenado en el agua o el edificio mismo, a largo de todo el período de 24 horas.

El comportamiento humano también puede influir en el *factor de capacidad efectivo* de los sistemas de energía solar. Lavar la ropa y bañarse por la tarde maximiza el beneficio del agua calentada por el Sol durante el día.

Similarmente, en Dinamarca fue demostrado que la gente que cuenta con sistemas fotovoltaicos modificó su comportamiento para maximizar el uso de la electricidad fotovoltaica cuando ésta comienza a ser generada. En California (EUA), la medición del tiempo-de-uso de sistemas fotovoltaicos con medición neta, proporciona una ventaja económica precisamente en el sentido inverso de dicho comportamiento, ya que la venta de electricidad fotovoltaica, devuelta a la red durante las horas pico, es maximizada por el uso mínimo del fluido eléctrico en el edificio durante este tiempo, cuando se devuelve la electricidad al productor con un retorno de hasta 30 centavos de dólar por kWh. En consecuencia, electricidad de bajo costo es entonces comprada por el consumidor durante las horas nocturnas. Además, la mayoría de las viviendas son residenciales, y frecuentemente no se encuentran ocupadas durante el día, cuando sus propietarios se encuentran en sus lugares de trabajo.

El recurso solar anual es asombrosamente uniforme, dentro de un margen de dos aproximadamente, a través de casi todas las regiones pobladas del mundo. El extremo inferior de la disponibilidad de este recurso podría ser como una sentencia de muerte económica si lo solar sólo fuera factible en el clima del desierto, como lo muestran las extraordinarias aplicaciones de la tecnología fotovoltaica en Alemania (en una latitud paralela a la del sur de Canadá) y Japón. Las aplicaciones del calentamiento de agua por medio del Sol en Alemania y Austria, la energía solar pasiva, y las aplicaciones de la luz del día en Finlandia y Alaska, demuestran que las aplicaciones económicamente

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

atractivas de la energía solar no están limitadas sólo a climas muy soleados. Este es, evidentemente un recurso *suficiente* para casi todo el mundo.

Los programas productivos de IyD, apoyados por la industria y los gobiernos, continúan impulsando el avance de la tecnología y ciertas áreas como el almacenamiento de energía, para extender los beneficios económicos y el valor de las aplicaciones de la energía solar. Mientras tanto, las viviendas y los edificios se encuentran listos ya para hacer uso de la aplicación directa de la energía solar, y, como se explicó antes en este Libro Blanco, las redes eléctricas están mejor dispuestas para soportar una mayor penetración de los recursos eléctricos renovables intermitentes.

Calentamiento solar pasivo e iluminación natural de edificios

En general, en las naciones industriales, del 35% al 40% del total nacional del uso de energía primaria es consumida en edificios, una cifra que se aproxima al 50% cuando se toman en cuenta los costos energéticos de los materiales de construcción y de la infraestructura utilizados para los edificios. Un análisis reciente del uso de energía en inmuebles reveló que, al incluirse cabalmente casi todos los costos energéticos relacionados con los inmuebles, los edificios en EUA representan el 48% del total del consumo de energía primaria, el 46% de todas las emisiones de CO₂ y es el sector de mayor y más rápido crecimiento en lo que se refiere al consumo de energía y emisiones.

En Europa, el 30% del uso nacional de energía es sólo para el calentamiento de espacios y de agua, y representa el 75% del uso total de energía en edificios. En Estados Unidos el 37% del total de la energía primaria es usado en edificios, y dos tercios de toda la electricidad consumida *en el país* se consume en ellos, con la mitad directamente o indirectamente atribuible a la iluminación artificial al impacto térmico de los accesorios. Generalmente, los edificios pueden dar cuenta de un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero, e igualmente de un tercio de la producción de basura.

Desde un punto de vista termodinámico, permitir al Sol brillar dentro de los edificios en el invierno para calentarlos, y dejar que la luz difusa entre al edificio para desplazar la iluminación eléctrica, mientras se prevé sombrear en el verano y controlar la brillantez en el interior, son las más eficientes y menos costosas formas del uso directo de la energía solar. Estos conceptos simples se observan en estructuras prehistóricas. Los primeros indios americanos, por ejemplo, proveían a lo largo de todo el año el confort en su áspero ambiente con calentamiento, enfriamiento y ventilación naturales.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

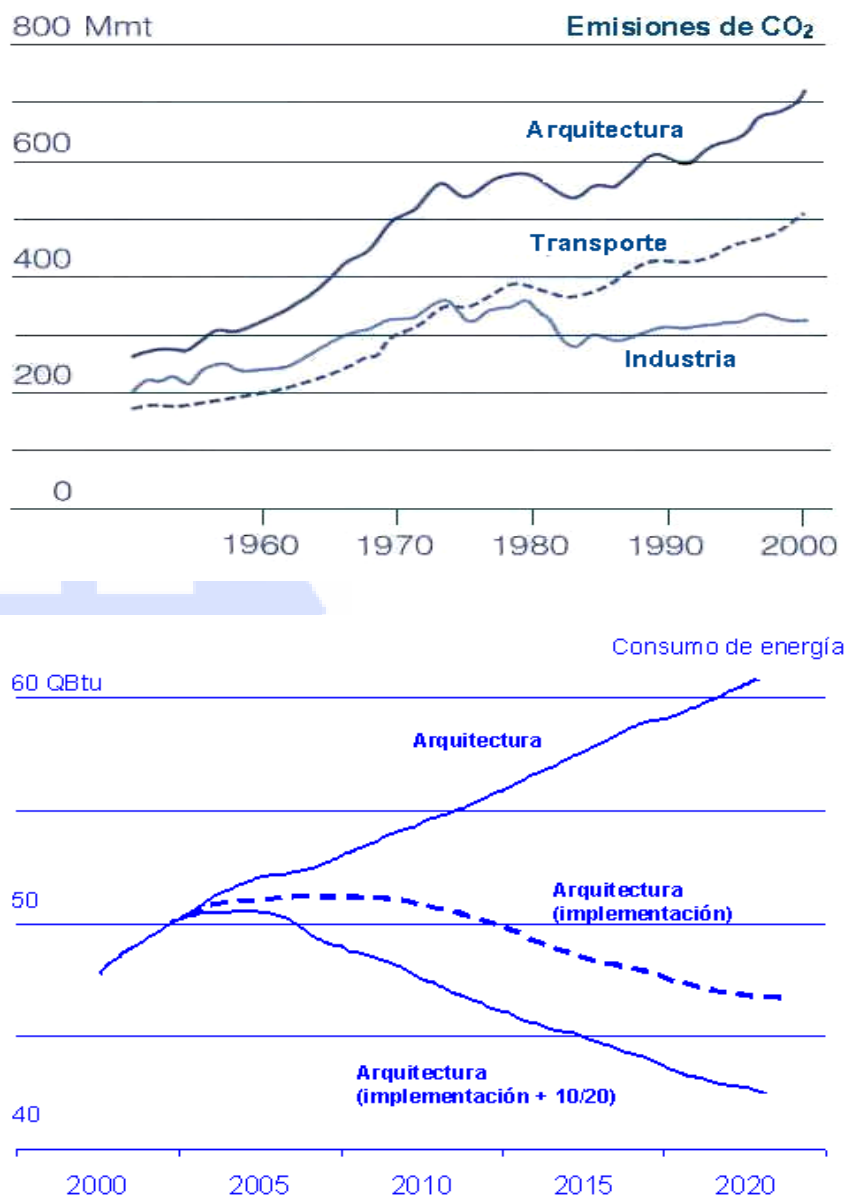


Fig. 11a, b: En Estados Unidos, el sector global "Arquitectura", que incluye a los sectores residencial y comercial, junto con la porción del sector industrial que contiene edificios y materiales para edificios, es el consumidor energético más grande (al menos 48% de la energía primaria), así como el mayor emisor de CO₂. Cambios agresivos, pero totalmente alcanzables (y confortables), en las políticas de eficiencia energética en edificaciones en toda la nación norteamericana, podrían conducir a una reducción en el uso energético en edificios, mostrada como la curva punteada correspondiente a la "implementación" en la figura de abajo. Si además se adopta el "Anteproyecto de Energía Limpia" de la *Unión de Científicos Preocupados* (que propone un 10% de la electricidad de Estados Unidos a partir de renovables para el año 2015, y un 20% para el año 2025), el impacto energético de los edificios en Estados Unidos podría reducirse más como se muestra en la parte correspondiente a la "implementación + porción 10/20" de la gráfica.

Fuente: Edward Mazria, *Revista SOLAR TODAY*, Mayo-Junio de 2003, pp. 48-51

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Los primeros arquitectos griegos y romanos adoptaron los principios de diseño de energía natural en sus casas y ciudades. Sócrates fomentó el uso de lo que hoy llamamos “Energía Solar Pasiva” en viviendas, y elogió el valor de permitir al Sol bajo del invierno penetrar por el lado sur del edificio, y la ventaja de poder sombrear el Sol alto del verano.

Vitrovius tomó después estos principios en lo que hoy llamamos un diseño de “respuesta climática”, y notó que las diferencias climáticas requieren de diferentes diseños para lograr el confort. Las grandes catedrales europeas de mediados del último milenio usaron la luz del día de manera espectacular para iluminar sus interiores. Los edificios de oficinas construidos en grandes ciudades casi al final del siglo XIX tuvieron que confiar en un diseño que utilizaba la luz del día y la ventilación natural para su iluminación y confort.

Estas mismas técnicas están disponibles hoy, y muestran un potencial enorme para reducir en el corto plazo los impactos energéticos y climáticos de los edificios en todo el mundo. Contribuyen, asimismo, las lecciones aprendidas de importantes programas, como el de los “trabajos para la energía solar pasiva e iluminación” de la Agencia Internacional de Energía, y por los importantes avances en los materiales de construcción, en ventanería aislante y vidriería de reflexión selectiva, en aislamientos, y en tecnologías y control de iluminación, junto con herramientas de simulación computacional de uso cada vez más accesible para auxiliar a los diseñadores a alcanzar mejores resultados.

Después de la eficiencia en todas las áreas, la accesibilidad, menor costo y beneficios económicos, el punto de partida para cualquier política energética nacional o local tendrá como objetivo reducir el uso de los recursos energéticos convencionales y reducir la emisión de los gases de efecto invernadero que se relacionen con los edificios. Esto incluye la adecuación de los edificios existentes, y el mejor diseño de nuevos edificios residenciales y comerciales para alcanzar la máxima eficiencia energética y el óptimo uso de los recursos ambientales localmente disponibles para iluminación y confort. Miles de millones de dólares pueden ser derivados de este modo, a partir de gastos innecesarios por energía e iluminación de edificios, hacia usos económicos productivos como la creación de nuevos empleos o apoyar la educación y la salud. Millones más pueden obtenerse de edificios y escuelas como resultado directo del mejor desempeño, tanto de ellos como de sus usuarios.

La evidencia factual se acumula y está demostrando, concluyentemente, mejoras del comportamiento humano en edificios con iluminación natural, incluyendo beneficios económicos directos que multiplican ampliamente los reembolsos por mejores resultados en eficiencia energética. La productividad de los trabajadores de oficinas y la satisfacción en el trabajo han demostrado mejoras en edificios con iluminación natural, que resultan en gran medida ventajas de fondo para los empleadores. Ciertos incrementos de hasta el 15% en ventas en áreas de compras y almacenes con iluminación natural, están conduciendo a cambios en el diseño de los establecimientos comerciales. Mejoras de hasta 25% en la tasa de aprendizaje y rendimiento en exámenes de niños en aulas con iluminación natural están comenzando a consignarse en las investigaciones estadísticas.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales



Fig. 12a, b: El *Centro de Estancia Solar "The Real Goods"*, una tienda de ventas al menudeo en Hopland, California, Estados Unidos (diseñada por Van der Ryn Arquitectos). Con un diseño "bioclimático" completo, el edificio cuenta con calentamiento solar pasivo, ventilación, iluminación y enfriamiento natural, electricidad fotovoltaica y paisajes naturales. El ahorro de energía de este diseño, al compararlo con uno convencional en el clima de Hopland, es de un 90%. Las ventas en la tienda son 50% por arriba de lo proyectado debido a su buen nivel de confort y a la iluminación natural de su interior.

Fotografías tomadas por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Todos estos resultados medidos demuestran un valor social importante que va más allá de la reducción potencial del uso de energía y del clima de los edificios sustentables. Se puede argumentar que los gastos implicados para obtener los beneficios económicos justifican, por sus propios méritos, los diseños para mejorar la eficiencia energética y la iluminación natural, de tal suerte que la reducción en el consumo de energía y en la emisión de gases de efecto invernadero, representan beneficios “gratuitos” que aportan tales edificios. El diseño integrado *de respuesta climática* de edificios a través de métodos de diseño del edificio entero, permite importantes ahorros en el costo de la construcción real, con un incremento del 30% hasta 50% en el rendimiento energético de edificios nuevos, con un promedio menor al 2% del costo agregado de construcción, y en algunas ocasiones sin costo extra alguno. La amortización del costo es casi inmediata, del orden de un máximo de cinco años.

Calentamiento solar de agua y espacios

El calentamiento solar de agua difícilmente puede considerarse como una nueva tecnología, pero aún con el rápido crecimiento que está experimentando en Europa, Israel y China éste aún se halla corto de su pleno potencial. Los calentadores de agua de gas y eléctricos son cómodos y técnicamente simples, pero al utilizar un combustible fósil de alto grado y temperatura, o energía eléctrica para sólo calentar agua, casi todo el potencial de “trabajo” termodinámico de esos recursos se pierde, y bien podría ser llevado a un uso económico más productivo. Para mucha gente en países pobres, un calentador solar en la forma de una simple unidad de tanque tipo pasivo, constituye la única fuente asequible de agua caliente para lavarse y bañarse.

Aunque el agua caliente en los hogares no crea empleos ni tampoco impulsa las industrias, el ahorro de ese combustible, utilizado ahora para calentar agua, alternativamente podría crearlos e impulsarlas. Ya se prevé la escasez de gas natural para producir energía eléctrica, y cuando se usa la electricidad para calentar agua se hace un uso particularmente despilfarrador del gas natural, pues toma dos veces más volumen de este combustible para una unidad de calor en el agua, que cuando el gas se quema directamente en el calentador. Además, al calentar agua con gas también se pierden los beneficios derivados del potencial químico del gas natural, el cual alternativamente podría tener aplicaciones con más alto valor agregado.

La promoción y aceleración del desarrollo de tecnologías para el calentamiento solar de agua a gran escala favorece a todas las economías. El beneficio económico-social total del calentamiento solar de agua justifica programas gubernamentales de promoción y de incentivos. Es necesario establecer metas a largo plazo por todos los gobiernos, tanto para aplicaciones domésticas de calentamiento solar de agua como de calefacción de espacios, con el fin de que varios cientos de millones de metros cuadrados de sistemas de calentamiento solar de agua puedan sumarse en todo el mundo en 2010. Para alcanzar estas cifras, los gobiernos deben proveer un marco político de apoyo.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales



Fig. 13a: Calentamiento solar de agua en China.
Fuente: Li Hua, Revista RENEWABLE ENERGY WORLD, Julio-Agosto de 2002, p. 105



Fig. 13b: Calentamiento solar de espacios y de agua en Katmandú, Nepal.
Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

La mejor decisión de inversión para la sociedad consiste en permitir que el Sol proporcione una parte importante del calor para el agua, con el fin de recuperar los beneficios económicos al desplazar la combustión de gas. Mediante este proceso, el agua se calienta confiablemente, pero con una proporción mucho menor de energía convencional. El gas desplazado por el recurso solar se recupera para ser utilizado en otras áreas más importantes de la economía. El dinero que pudo haber sido gastado en combustibles para el calentamiento de agua podría gastarse en otros rubros, como en la creación de empleos productivos aplicados a la instalación y mantenimiento de calentadores solares de agua. Estos trabajos también refuerzan las economías locales. El valor social del calentamiento solar del agua es, por lo tanto, mucho mayor que el que un simple cálculo de rentabilidad podría sugerir. El calentamiento solar de agua hace una contribución importante al logro de los objetivos para la reducción de emisiones de CO₂, misma que constituye una obligación social no regida por la simple consideración del rendimiento de la inversión.

El calentamiento solar de agua es una tecnología completamente madura. Para finales del año 2002, cerca de 12,3 millones de m² de calentadores solares de agua habían sido instalados en los países miembros de Unión Europea, con una tasa anual de instalación de cerca de 1,5 millones de m² en 2001, pero que bajó a 1,2 millones de m² en 2002. Cerca del 60% de éstos, sin embargo, se instaló en tres países –Alemania (con más del 50% de las ventas de calentadores solares de la Unión Europea), Grecia y Austria– los que tienen los mejores mercados desarrollados. Con calentadores solares de agua instalados en 50% de sus hoteles, localizados en el Mediterráneo, y en 92% de todos los hogares, Chipre, es líder mundial en términos de metros cuadrados de calentadores solares de agua instalados *per-capita*, con 0,8 m² por persona. En la Europa continental, Grecia encabeza el grado de aceptación pública de esta tecnología con 0,26 m² *per-capita*, seguido por Austria con 0,20 m² por persona, y luego, en orden, Dinamarca, Alemania y Suiza. El promedio de la Unión Europea a finales de 2002 fue de 0,26 m² por persona.

La Unión Europea tiene un conjunto de metas para instalar 100 millones de m² de captadores solares para el 2010 en Austria, Bélgica, Gran Bretaña, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Países Bajos y España, los cuales podrían requerir una tasa de crecimiento de más del 35% (referenciado al año 2000). La presente tasa de crecimiento en la UE podría producir cerca de 80 millones de m², así que su objetivo demanda una tasa más ambiciosa de instalación. Aún así, estas cifras palidecen en comparación con su potencial nacional estimado en mil cuatrocientos millones de m², los cuales podrían generar 683 TWh de energía térmica por año.

En Alemania, Austria y Suiza la creciente popularidad del calentamiento solar de agua para la calefacción activa de espacios, y la consideración que se comienza a dar a la calefacción solar urbana, iniciada en Suecia, pueden impulsar aún más las ventas de esta tecnología. Existen ya reglamentos en algunas ciudades, tal como el adoptado en 1999 e implementado en 2000 en Barcelona, que requiere sistemas solares para generar el 60% del agua caliente en casas y negocios. Allí, en 18 meses, el área de captadores solares

térmicos se incrementó en un 750%, a 14 000 m². Las normas de esa ciudad están comenzando a ser introducidas en Madrid, Sevilla y otras áreas. Por otra parte, para librar un estancamiento en la industria del calentamiento solar de agua, en febrero de 2003 el gobierno de Alemania aprobó un aumento en los incentivos para sistemas de calentamiento solar de agua, de 92 euros a 125 euros por metro cuadrado de superficie colectora, y la medida mejoró notablemente el mercado Alemán en 2003.

Las cifras de Europa (y su población) son modestas en comparación con las de China, país que ya había instalado 26 millones de m² de calentadores solares de agua para finales del año 2000, y tenía mil fabricantes de componentes y sistemas de calentamiento solar de agua para finales de 2001. La meta del gobierno chino es instalar 65 millones de m² de calentadores solares de agua para el 2005. Se especula que, si continúa la construcción de viviendas, de acuerdo con las metas del gobierno chino, y se presenta un uso modesto del calentamiento solar de agua en estos nuevos hogares, China podría alcanzar los tres millones de m² por año para 2010. Esto es impulsado por la escasa disponibilidad de gas destinado al calentamiento de agua, así que el calentamiento solar compite con el calentamiento eléctrico, y resulta la opción más económica.

Generación de energía eléctrica solar térmica

Cuando la energía solar es concentrada por superficies reflectantes, la densidad energética puede incrementarse dramáticamente. Esto permite alcanzar altas temperaturas al captar el calor solar, que puede entonces ser conducido por los fluidos receptores, para luego ser trasferido para generar electricidad en alternadores eléctricos a partir de ciclos térmicos. Estas tecnologías son conocidas genéricamente como *Sistemas de Concentración Solar para la Generación de Potencia Eléctrica*, o *CPS* (de las siglas de *Concentradores de Potencia Solar*), y comprenden tres categorías: sistemas de canales parabólicos, sistemas de torre central y sistemas de máquinas térmicas con concentración tridimensional.

Los sistemas de canales parabólicos tienen largos espejos cilíndrico-parabólicos montados en filas para calentar el fluido que corre en unos tubos receptores mantenidos precisamente a lo largo de su línea focal, ya sea por ajuste de la posición del espejo o del tubo receptor. El fluido líquido es entonces transformado rápidamente en vapor, y es enviado a una turbina convencional (pero de baja temperatura) conectada a un generador eléctrico. Los Sistemas de Torre Central cuentan con campos de espejos (llamados *helióstatos*) que enfocan su energía en la parte superior de una torre colocada al centro de su campo, donde la energía se capta y conduce en un fluido con muy alta temperatura hacia un generador térmico de potencia.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales



Fig. 14a: Una porción de la planta termosolar generadora de electricidad más grande del mundo (a la izquierda), parte del sistema de 354 MW eléctricos en el Sur de California. Se muestra también el generador termoelectrico enclavado para lograr un 25% de operación "híbrida" y para nivelar la salida del sistema solar, que presenta además una sinergia útil entre la energía renovable y la energía convencional.

Fuente: NREL



Fig. 14b: Solar I, la planta solar de torre central de 10 MW eléctricos, situada en el sur de California.

Fuente: Departamento de Energía de Estados Unidos

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Los sistemas con máquinas térmicas, generalmente motores Stirling, dirigen la energía solar reflejada por un disco parabólico, simple o compuesto, hacia una área de captación de alta temperatura (alrededor de 800 °C) para calentar un gas (helio, hidrógeno o aire), expandirlo, y enfriarlo, en un ciclo termodinámico de potencia, que generalmente es del tipo de Stirling. Cada motor Stirling es montado directamente sobre su propio heliostato que tiene un movimiento en tres ejes para seguir al Sol. Un objetivo técnico para los motores Stirling es el de estar libres de mantenimiento durante un lapso que fluctúe entre las 50 mil y 100 mil horas de operación.

Diversas combinaciones de discos parabólicos con máquinas Stirling han sido montadas y probadas, y estos desarrollos han alcanzado los 25 kW_e modulares, que podrían ser muy útiles y valiosos en el futuro. Hasta hace poco, la combinación disco-Stirling mantuvo el récord mundial para la eficiencia de conversión de energía solar en energía eléctrica con cerca del 35%, aunque aún debe trabajarse para asegurar una larga vida y la buena confiabilidad de los motores, así como abaratar los heliostatos. Las barreras técnicas parecen ubicar bien a estos sistemas dentro de la gama de soluciones económicas factibles.

El conjunto más grande de plantas generadoras termoeléctricas solares del mundo, de 354 MW de potencia con tecnología de canal parabólico, continúa operando con tres unidades en el sur de California, en Estados Unidos. La primera unidad fue instalada al inicio de la década de 1980, y el sistema completo ha sido puesto a operar en toda su capacidad en los últimos 17 años. La central Harper Lake es de 160 MW, y la central de Kramer Junction es de 150 MW. Se ha aprendido mucho de estos importantes proyectos que han dado confiabilidad y sentido práctico a esta tecnología electrosolar térmica. Similarmente, la planta Solar II de torre central, con 10 MW de capacidad (que es una readecuación para acomodar la introducción de sodio líquido como el fluido de transferencia de calor y almacenamiento térmico dentro del proyecto de la planta Solar I, que alcanzó todos los objetivos de investigación para su funcionamiento y confiabilidad), también se localiza en el sur de California.

Aunque las centrales de concentración solar para potencia eléctrica (CPS) que pueden ser construidas actualmente producen energía en alrededor de la mitad del costo actual de la electricidad fotovoltaica, la tecnología CPS en particular ha sido lenta en su extrapolación a gran escala y al mercado mundial. La baja aceptación de los CPS se debe a varias barreras financieras e institucionales. La primera consiste en que el costo de la construcción de una central solar es similar al de la construcción de una central de combustibles fósiles, incluido el valor del combustible por 30 años. En consecuencia, la planta debe ser financiada totalmente, con una amortización atractiva para los inversionistas. Además, la planta física suele gravarse entera, pero no a los combustibles de las plantas convencionales. Esta práctica resulta injusta dado que en la planta solar el combustible es gratuito.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Estas barreras pueden ser superadas si se otorgan préstamos subsidiados a bajo costo; se corrigen las injusticias en los impuestos; se proporcionan incentivos a la producción de energía, y se sostiene el apoyo a la IyD que pueda conducir a la obtención de componentes térmicos y reflectores más eficientes y económicos. Los CPS son también extremadamente sensibles al recurso solar, por lo que necesitan ser construidos donde está más soleado y claro, y serán más económicos cuando se construyan sistemas de un tamaño de unos 400 MW.

Si todas las barreras son atacadas y las plantas CPS se localizan con las mejores condiciones físicas, las proyecciones sugieren que, después de instalar algunos miles de megawatts, los costos, sin subsidios, podrían ser lo suficientemente bajos como para competir con los combustibles fósiles. Pero en contraste con estos últimos, las centrales CPS podrían proveer certidumbre económica para los 30 años de vida útil garantizada de la central, libre de la alta volatilidad y los impredecibles costos y disponibilidad futuros de los combustibles convencionales.

La rentabilidad económica llega a ser más atractiva y a más corto plazo cuando la planta CPS provee la energía solar para complementar la energía del gas en un *Sistema Solar y de Ciclo Combinado Integrado* (ISCCS, por sus siglas en inglés). La energía solar desplaza parte del combustible así como algunas de las emisiones de la combustión y mejora así el desempeño económico y ambiental del combustible. Al mismo tiempo, el costo marginal de los componentes solares contribuye proporcionalmente menos al costo total de los sistemas de gas. Diseños de centrales CPS más pequeñas y versátiles han comenzado a desarrollarse para una gama de entre 100 kW y 1 MW, cuya flexibilidad en su aplicación proporcionaría los beneficios locales por los costos más altos de los kWh producidos. Asimismo, se están desarrollando técnicas de almacenamiento de energía para proporcionar un óptimo económico con 12 horas de almacenamiento, el cual rendiría la utilidad máxima en la energía solar recibida y también aumentaría la rentabilidad de la central CPS.

Los concentradores de potencia solares (CPS) constituyen un importante componente de los Portafolios de Energía Renovable de países con un recurso solar suficiente, y las justificaciones para incluirlos en las políticas gubernamentales tienen como objetivo el estimular y desarrollar una cartera de recursos balanceados de tecnologías de energía renovable. La meta mundial de tener 100 mil MW instalados de la tecnología CPS para el año 2025, es una meta alcanzable con ventajas a largo plazo potencialmente significativas.

A nivel mundial el interés en las centrales CPS está creciendo, y se manifiesta por los importantes proyectos contemplados en diversos países, y por otros proyectos adicionales apoyados por valiosos financiamientos del GEF (siglas en inglés para el Fondo Ambiental Global). Otros proyectos de CPS están en curso en EUA (Nevada), España, y algunos en estudio en Israel y Sudáfrica. Un financiamiento del GEF, normalmente por 50 millones de dólares para cada proyecto en desarrollo de centrales CPS, ha sido otorgado a México, Egipto, Marruecos e India. Por otra parte, Irán, Argelia y Jordania están considerando proyectos ISCCS. Ciertas proyecciones económicas sugieren la viabilidad de centrales

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

CPS también para Grecia, Italia, Portugal, Austria, Brasil, Liberia, Túnez y China, y un potencial mundial agregando de más de 100 mil MW de generación de electricidad con centrales CPS podría aprovecharse en los próximos 25 años.

El sistema de canal Parabólico de Nevada (de 50 MW) resulta de particular interés debido a que es el resultado directo de una nueva política de gobierno del estado. La legislación de Nevada adoptó en 2001 un ambicioso "Portafolio de Energías Renovables" ("PER" o RPS, por sus siglas en inglés), el cual obliga a los generadores privados a proveer el 5% de sus ventas energéticas con energía renovable (geotermia, eólica, solar y biomasa) en el año 2003, saltando hasta el 15% para el 2013. Con el fin de promover el desarrollo de un portafolio de energías renovables en un estado que ya cuenta con centrales eléctricas geotérmicas y donde la energía eólica es competitiva, Nevada incluyó un componente explícito solar a su PER, al asentar que el 5% de todo el nuevo desarrollo de la energía renovable deberá ser en tecnología de energía solar; esto se traduce en una generación cercana a los 60 MW durante los próximos 10 años.

Como una respuesta contundente al requisito solar de su PER, las empresas eléctricas de Nevada decidieron construir una central solar térmica de canal parabólico de 50 MW de capacidad, con posibilidad de expansión a 60 MW. El sistema podría ser construido por Duke Power y estará en línea en 2005. Las empresas suministradoras de electricidad del estado comprarán la energía del sistema durante un plazo de ejecución de ventas de 20 años, garantizando el beneficio necesario para apoyar el financiamiento de la construcción y operación del sistema. Se espera que el sistema produzca un promedio de 102,4 mil MWh cada año, energía suficiente para satisfacer la demanda promedio mensual de 1 000 kWh de consumo de cada uno de los 8 400 hogares de Nevada (hogares espaciosos en un clima muy cálido, que requieren de grandes cantidades de aire acondicionado).

La experiencia adquirida con estos nuevos sistemas de canal parabólico debe conducir hacia desarrollos relacionados con la reducción de costos, y hacia el mejoramiento creciente de los sistemas solares térmicos eléctricos en Estados Unidos, ilustrando de esta manera el valor que tienen las políticas gubernamentales para acelerar el desarrollo y la aplicación de las tecnologías de energía renovable.

Producción de energía eléctrica fotovoltaica solar

Hoy en día, la tecnología de la energía solar más reconocida es la de los sistemas solares fotovoltaicos (FV o PV, por sus siglas en inglés). Dicho reconocimiento se deriva de sus múltiples aplicaciones, de una considerable publicidad, y de numerosos programas de incentivos de apoyo para la producción de electricidad. Aunque ciertamente es la más costosa de las tecnologías solares en términos de su producción energética, es la más versátil, la más simple de instalar y la más barata de mantener; además proporciona un

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

producto altamente apreciado –la electricidad– generalmente en, o cerca del punto de uso, evitando el costo y el riesgo de falla en la infraestructura.

Los módulos fotovoltaicos (FV) pueden utilizarse para energizar teléfonos o señales de tráfico y de peligro, reducir la corrosión en puentes de metal, accionar bombas de agua, proporcionar luz y energía a casas y comunidades en sitios remotos, refrigerar medicinas, reducir la compra de energía a la red en los hogares conectados a ella y en establecimientos comerciales. También se usa para proporcionar energía e iluminación en estacionamientos, cargar baterías de coches eléctricos y para muchas otras aplicaciones. Un diseñador puede fácilmente especificar el material para tejas fotovoltaicas usadas en los techos, el sellado autoadherible fotovoltaico para cubiertas de techos, los toldos fotovoltaicos para sombreado, así como cortinas, paredes de vidrio y tragaluces con esta tecnología.

Las azoteas comerciales y de hoteles están siendo recubiertas con materiales FV que no requieren perforaciones en los techos y, al mismo tiempo, ofrecen aislamiento y sombreado a la vez que producen electricidad y reducen la carga de enfriamiento del edificio. El proveedor de la mitad de los sistemas comerciales FV para techado en Estados Unidos ha presenciado el crecimiento del tamaño de su sistema promedio a partir de 94 kW_p en el año 2000, a 260 kW_p en 2002, y casi 350 kW_p en 2003. En este desarrollo se incluyen varias instalaciones de 1 MW o más.

Los sistemas FV integrados a la red en la estructura de una especie de *empresa eléctrica distribuida* pueden hacerlos invulnerables ante un terrorismo que puede colapsar una ciudad destruyendo sus fuentes de suministro de energía. Los objetivos convenientemente ubicables y los blancos centralizados que representan las centrales eléctricas, las subestaciones y las líneas de transmisión, desaparecerán de aquellas ciudades que produzcan y distribuyan su propia energía localmente. De modo similar, una ciudad que cuente con sistemas de energía distribuida que pueden ser "aislados" de la red estará protegida de muchos de los problemas ocasionados por las caídas de una red de transmisión importante, o cuando las centrales eléctricas salen repentinamente de operación; todo esto que ocurrió simultáneamente en el Noreste de Estados Unidos en agosto de 2003 y en Italia en septiembre de 2003.

Los sistemas fotovoltaicos integrados a los edificios con poca capacidad de almacenamiento pueden proporcionar la continuidad de las operaciones esenciales gubernamentales y de emergencia, y contribuir para que se mantenga la seguridad y la integridad de la infraestructura urbana; la iluminación de las calles y los enlaces de comunicación continuarían funcionando. Asimismo, los servicios esenciales de la ciudad y de seguridad seguirían disponibles gracias a los sistemas propios de energía con que cuentan los edificios públicos y administrativos. *Éste debe ser un elemento básico en la planeación de la seguridad para todas las ciudades y centros urbanos en el mundo.*

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

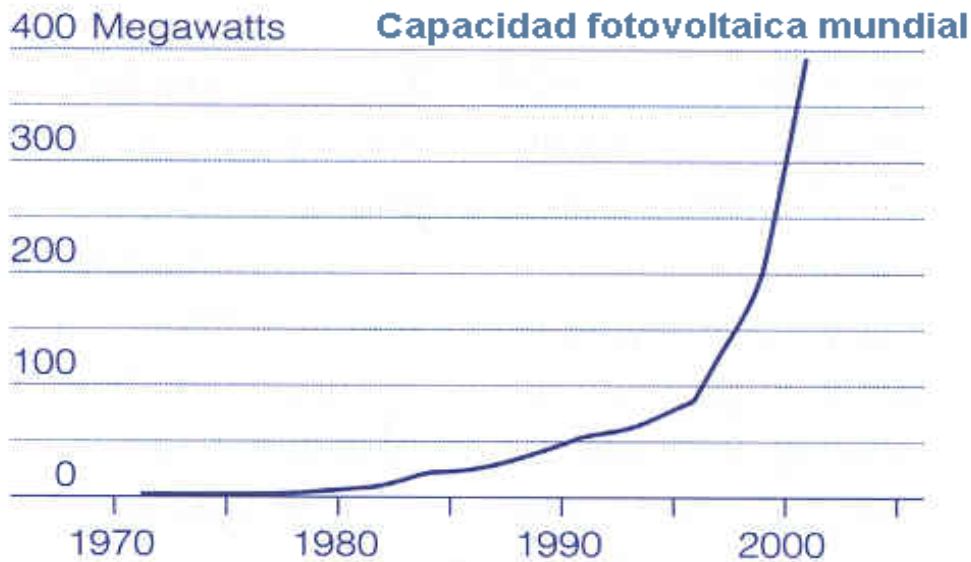


Fig. 15a: El aumento dramático en las exportaciones de módulos fotovoltaicos en el mundo sobrepasó los 500 MW pico en 2002.
Fuente de los datos: Paul Maycock

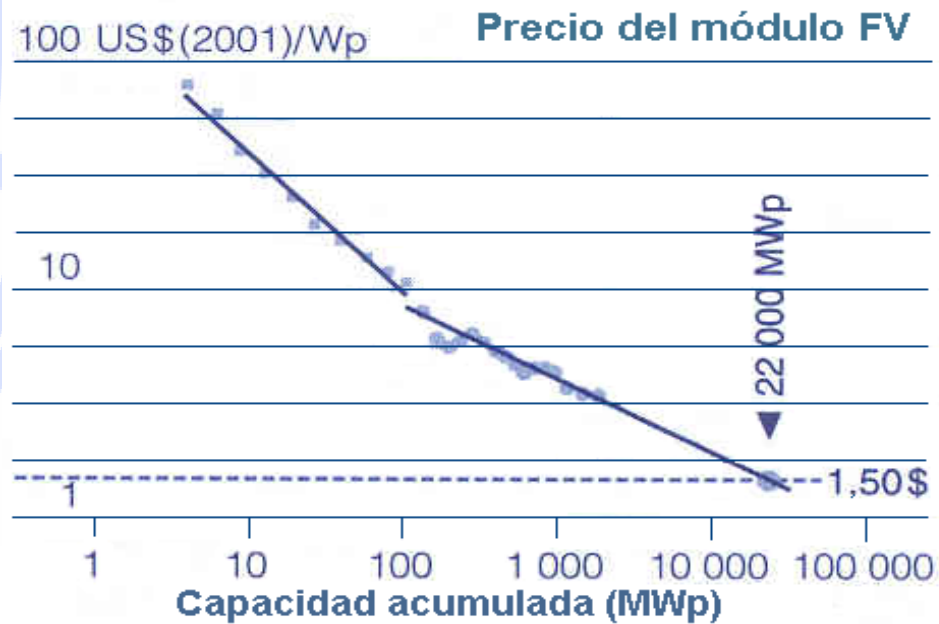


Fig. 15b: Curvas de aprendizaje para módulos fotovoltaicos para el periodo 1976-2001 y proyección a un precio rentable de US \$1,50/Wp, que muestra la importancia de promover las aplicaciones en gran escala.
Fuente de la figura: Dr. John Byrne, datos de Paul Maycock (2002)

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

La FV es una industria que está creciendo mundialmente con un ritmo asombroso. En 2002, más de 560 MW_p de módulos FV se fabricaron y comercializaron en el mundo. Al principio de este milenio la tasa promedio de crecimiento de la industria ha sido 36,6%, que representa más del doble de su volumen cada dos años, y aumentó el 44% en 2002. El valor de las ventas mundiales de FV en ese año fue de 3,5 mil millones de dólares, y se proyecta que crezca a más de 27,5 mil millones de dólares para el 2012.

Lejos de estancarse en algún tipo dominante de tecnología (como ocurrió con el formato VHS que dejó fuera al Beta en normas de vídeo), la industria FV continúa innovando de muchas maneras. Las tecnologías de FV más populares siguen siendo celdas monocristalinas y policristalinas (o multicristalinas) de silicio (93% de las ventas mundiales de celdas FV en 2002), ya que son las más eficientes, se han probado durante muchos años de uso y operación y son muy estables. Además, el inocuo silicio es el elemento más abundante en la superficie de la Tierra.

La capacidad de las películas delgadas para adaptarse muy fácilmente a los materiales de construcción, tales como fachadas y ventanas de vidrio, junto con el potencial para la producción en masa de un alto volumen de películas sobre vidrio o sustratos flexibles, está llevando a nuevos compuestos para celdas FV que igual se están desarrollando y comercializando; por ejemplo, el silicio amorfo simple o multi-ensamble, o el silicio microcristalino multifásico, el cobre-indio-diselenuro (CuInSe₂, o CIS) y el telururo de cadmio (CdTe). Sin embargo, casi el 99% de producción mundial de celdas solares en 2002 se basó en el silicio, que resiste la aparente tendencia emergente hacia opciones que contemplan ciertos productos elaborados con materiales escasos o tóxicos.

La capacidad potencial de las películas para capturar el espectro solar completo permite que una película delgada de celdas solares alcance eficiencias equivalentes a los dispositivos cristalinos.

Por otra parte, el panel FV es vendido por watts pico, no por metros cuadrados, así que ciertas aplicaciones de baja eficiencia colocadas directamente sobre materiales de construcción adecuados, con áreas superficiales amplias (como paredes, azoteas y ventanas), a menudo suelen ser la opción más económica. Sin embargo, los confiables y ya muy probados módulos cristalinos y policristalinos probablemente continuarán dominando el campo de FV en las próximas dos décadas.

La simple medición del valor de los sistemas FV, expresado como su costo por kWh producido, subestima muchas de las cualidades de esta versátil tecnología. Por ejemplo, cuando la tecnología FV se utiliza para energizar los teléfonos de emergencia al borde de la carretera, el costo de la energía producida por los pequeños paneles FV en lo alto de los postes puede ser de un dólar/kWh, pero el costo de este teléfono es 5 mil dólares menor al que tendría si la conexión convencional con cables tuviera que ser subterránea de teléfono a teléfono. De esta manera, a menudo el uso de sistemas FV puede permitir un costo total más bajo del proyecto.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Igualmente importante es el valor de las tecnologías FV en la resolución de algunas de las necesidades más esenciales de la humanidad. A fines del año 2002, en la India, 5 084 bombas de agua solares FV habían sido instaladas en áreas rurales, con una capacidad total de cerca de 5,55 MW_p y 2 400 pueblos y aldeas habían sido electrificadas en la India con la opción FV. Aunque esto apenas muestra el potencial para suministrar agua dulce e iluminación a las poblaciones pobres y alejadas en la India, ciertamente ha confirmado su viabilidad y beneficios.

Las grandes centrales eléctricas FV montadas sobre el terreno en áreas asoleadas pueden llegar a ser importantes en el futuro. Tales aplicaciones tienden a ser siempre más factibles a medida que continúa mejorando la eficiencia de las celdas FV. Una eficiencia de conversión de la energía solar a eléctrica de 20% para las celdas cristalinas de silicio de área grande por módulo de producción fue alcanzada por un fabricante japonés en 2003. El récord mundial de eficiencia para la conversión de la luz solar en electricidad es de 36,9% y fue alcanzada en 2003 en una celda compuesta diseñada para ser utilizada en un concentrador de seguimiento. Los espejos resultan menos costosos que las celdas solares, así que tales desarrollos deberán contribuir a la reducción del costo de las instalaciones eléctricas FV tipo central.

El potencial de energía de tales aplicaciones solares es enorme. En Estados Unidos, por ejemplo, una fracción bastante pequeña del sitio de prueba propiedad del gobierno del estado en Nevada meridional podría, en teoría, proporcionar suficiente electricidad solar para resolver las necesidades de Estados Unidos entero (en cantidad - ignorando la dificultad de transportar esa energía a través de todo el país, pero ilustra el potencial del recurso).

Sin embargo, el uso más popular de los sistemas FV está hoy en las azoteas. Actualmente, los líderes del mundo en instalaciones para techos son Japón y Alemania. Desde 1994, en Japón, un generoso subsidio del gobierno ha promovido este mercado, mientras que en Alemania el costo de los apoyos para incentivos es transferido a la base del conjunto de clientes del sistema eléctrico, a través de los pagos hechos a los productores de electricidad FV. Estas políticas, a su vez, permiten a sus propios fabricantes reducir costos por ventas de volumen y hacerse más competitivos en el mercado mundial.

Las políticas japonesa y alemana también se orientan por metas nacionales de largo alcance para aumentar la penetración de la energía renovable en razón de sus beneficios sociales y económicos. Esta política ha elevado a Japón a la posición de principal fabricante del mundo de módulos FV, produciendo casi la mitad (49,1%) de la producción mundial en 2002. Un solo fabricante en Japón ha superado a todas las otras regiones del mundo al producir 123,07 MW_p de PV en 2002, mientras que un segundo anunció sus planes para producir arriba de 100 MW_p anualmente antes de 2004. Toda Europa produjo 135 MW_p (24%) de los módulos de FV del mundo en 2002, mientras que Estados Unidos 120,6 MW_p (21,5%), y el resto del mundo 55 MW_p (9,8%).

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales



Fig. 16a: Una aplicación solar residencial en una azotea en Japón.
Fuente: Foto de la Asociación Fotovoltaica Japonesa



Fig.16b: Un edificio multifamiliar en Freiburg, Alemania, que utiliza la azotea para el calentamiento solar de agua y la pared del sur para la producción de energía eléctrica con módulos fotovoltaicos.

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

Los tres programas nacionales más significativos de energía FV son: el "programa residencial para la difusión de sistemas FV" en Japón; el "programa de 100 mil techos eléctricos solares" en Alemania; y el programa solar de "un millón de techos solares" en Estados Unidos. Pero mientras que los programas japonés y alemán son fuertemente subsidiados por créditos o por incentivos de producción para asegurar que las metas se alcancen, en Estados Unidos los programas son voluntarios. Los compromisos en Estados Unidos exceden el millón de sistemas (térmicos o eléctricos) solares para el año 2010, pero de la instalación real no muchos están muy seguros. Mientras tanto, las instalaciones por millares continúan en Alemania y Japón, así como en otros países europeos.

Las aplicaciones en 2002, último año que supuestamente marcaría la conclusión del programa japonés (2003), sobrepasaron las 32 mil instalaciones en viviendas privadas solamente, con un total de 40 mil aplicaciones diversas por año. ¡Esto convirtió a su programa de "70 mil techos" en 117 mil 500 techos! Los gastos totales del gobierno japonés en este programa a lo largo de sus cinco años fiscales (1999-2003) han sido de 739 millones de dólares. El programa es tan popular que el gobierno acordó continuarlo por tres años fiscales más (a 2006). Esto contribuirá indudablemente a alcanzar la meta de corto plazo del gobierno de Japón referida a la fabricación de 500 MW_p de FV anualmente, con 250 MW_p para el consumo interno y el resto para la exportación. También están apoyando esta meta con una inversión en el año fiscal 2003 de 218,6 millones de dólares para I+D fotovoltaico y en la "promoción", que incluso contempla apoyos para actividades de "sensibilización" hacia esta tecnología.

La tasa de crecimiento en aplicaciones de sistemas FV en Alemania desde 1999, derivada del programa "100 mil techos", ha sido inmensa. La energía total instalada de sistemas FV en Alemania creció, de cerca de 68 MW_p en 1999, a 278 MW_p antes del fin de 2002, produciendo 190 gigawatts-horas de electricidad en el año 2002. Antes de finalizar 2002, 55 mil sistemas de tejado FV habían sido instalados en Alemania, con 98% de éstos conectados a la red. En ese mismo año, la energía total reconocida de las aplicaciones FV instaladas en las azoteas en Alemania estaba sobre 78 MW_p, por encima de los 60 MW_p apenas del año anterior, y este ritmo llevó la cifra de la energía total instalada en las azoteas residenciales a 200 MW_p. Es previsible que los incentivos financieros y los préstamos de bajo interés para sistemas FV en 2003 continúen apoyando la instalación de 95 MW_p adicionales de sistemas para techos, pero se espera que los apoyos futuros se trasladen más hacia los incentivos que a los productores de electricidad FV.

El resultado de estas políticas es que Alemania cuenta con más del 60% de los sistemas FV instalados en los países de la UE. A esta nación la siguen Italia y Suiza, cada una con cerca del 10% del total de las instalaciones de Alemania. Pero al tomar en cuenta la cantidad de población, Suiza encabeza las instalaciones de la UE con 2,8 W_p *per-cápita*, seguida por Alemania con 2,3 y Holanda con 1,1.

Es importante notar que el promedio diario de la producción energética de los sistemas fotovoltaicos alemanes en techos es cercano a 2,33 kWh/kW_p de la capacidad instalada

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

(promediada sobre un año), cifra que representa sólo la mitad de la producción que puede alcanzarse en los climas más asoleados del mundo. Esto demuestra que el valor de los vigorosos programas de energía solar para los gobiernos y las economías no requieren del "mejor" sino, otra vez, simplemente del "suficiente" clima solar.

Por algún tiempo la energía FV ha sido la opción más barata para muchas aplicaciones modulares o alejadas de la red, que no requerían ninguna otra justificación económica. Sin embargo, el aparente alto costo para los usos urbanos de la FV ha permanecido como un impedimento (otra vez el problema que efectivamente requiere comprar, desde el inicio del proyecto, el hardware y el ciclo de vida de la producción energética). Por fortuna, el costo de módulos fotovoltaicos y los sistemas continúa reduciéndose dramáticamente.

Los precios de fábrica para los módulos FV fluctúan entre 2 y 3 dólares por watt pico, y los sistemas operacionales completos ahora pueden instalarse en Estados Unidos con costos entre 5 y 7 dólares/watt, dependiendo del tamaño de los sistemas, y sin subsidios. Los precios para los sistemas completamente instalados en Japón estaban en 6,50 dólares/W_p en 2002, antes del subsidio del gobierno, mostrando una dramática reducción de precio como resultado directo del programa multianual de compras de gobierno, y las decenas de millares de sistemas instalados que se derivaron del mismo.

Cuando los subsidios o el volumen de ventas y la experiencia, o ambos, traen los costos a los compradores debajo de los 3 dólares/watt para sistemas completamente instalados, el costo efectivo de la electricidad amortizada sobre 30 años se ubicará entre 8 y 12 centavos de dólar/kWh, haciendo que la electricidad generada con sistemas FV no sólo sea plenamente competitiva frente a la generada con tecnologías convencionales, sino que, probablemente, puede convertirse en la opción más barata, ante la tendencia creciente de los costos de los combustibles convencionales. Y el costo de esa electricidad FV generada permanecerá constante en el tiempo de vida del sistema FV, ofreciendo a la gente y a los negocios al menos un cifra de costo que no crecerá en el futuro. Actualmente, los módulos FV están garantizados por 20 a 25 años, pero podrían durar dos veces ese tiempo.

Parece apropiado e importante que todos los gobiernos incluyan en sus políticas metas firmes de energía eléctrica solar, ajustando objetivos específicos para años específicos. Esto va más allá de la sola promesa de "un Portafolio de Energías Renovables", ya que la transición hacia la energía renovable requerirá el desarrollo y el despliegue del espectro completo de las tecnologías de energía solar, y no sólo el de las tecnologías de menor costo de la energía renovable (por ejemplo, el viento). Las consideraciones específicas para alentar las aplicaciones y para avanzar las tecnologías fotovoltaicas deben ser parte constitutiva de cualquier política energética renovable, para asegurar las ventajas únicas de esta tecnología y continuar proporcionando el tirón del mercado que promoverá aún más la reducción de los costos.

Cierto planificador considera estos pronósticos sobre los costos como muy conservadores para finales de esta década, punto en que él espera ver al mercado mundial alcanzar 10 mil MW_p en pedidos anuales. Un crecimiento promedio de producción de sistemas FV de

Los recursos energéticos renovables: características, estado de desarrollo y potenciales

25% entre 2000 y 2010 conduciría a una producción anual de 2 500 MW_p antes del año 2010, mientras que un índice de crecimiento promedio de 50% llevaría la producción anual a 16 000 MW_p durante el período 2000-2010, así que la estimación de los 10 mil MW_p caería en alguna parte entre estas dos tasas de crecimiento.

Una estimación recientemente publicada muestra que aún si los costos se reducen a 1,50 dólares por W_p para los módulos y a 3 dólares por W_p para los sistemas instalados antes de 2010, la industria del FV todavía necesita gastar desde 25 mil millones de dólares hasta 114 mil millones durante el período 2000-2010 para sufragar la inversión de fabricar los módulos FV, constituir el fondo de operaciones y para el financiamiento al usuario final. Por tanto, para asegurar estas inversiones, será extremadamente importante ganar la confianza de los inversionistas, y a este proceso puede contribuir en gran medida el gobierno con los programas de adquisición de sistemas FV, junto con metas anuales de expansión crecientes y a más largo plazo que contemplen una legislación aplicable al sistema completo o de alcance nacional para las aplicaciones de sistemas FV (por ejemplo: como parte de un componente del "PER solar"). Para los países, la recompensa consistirá en lograr un aumento en la actividad económica tanto para el país mismo como para la región receptora, más que recuperar las inversiones erogadas en incentivos.

Por ejemplo, un análisis de insumo-producto realizado en 1992 por el Departamento de Energía de Estados Unidos, relacionado con el impacto económico potencial de una planta nueva de fabricación de 10 MW_p FV planeada para Fairfield, California (cerca de San Francisco), demostró que la suma de ventas directas e indirectas ascendería a 55 millones de dólares por año. Al mismo tiempo, el proyecto señaló que la actividad económica "inducida" relacionada con la localización de la planta y sus empleados, y la actividad directa e indirecta de las ventas, podría exceder los 300 millones de dólares por año. Los impuestos sobre la renta del estado y locales se podrían elevar a cinco millones de dólares por año, y los ingresos fiscales locales de ventas podrían representar otros tres millones anualmente.

La tecnología fotovoltaica solar, en concierto con la eficiencia energética y el diseño sustentable de edificios e integrada a la red eléctrica, puede hacer una contribución sustancial a las necesidades energéticas de casi todos los países del mundo. Pero el valor social de la energía FV, y por lo tanto, el mérito de los apoyos públicos y del estímulo gubernamental, va mucho más allá de los meros kWh producidos por los sistemas FV. La opción FV en los países en vías de desarrollo y los desarrollados puede igualmente aumentar el empleo local, consolidar las economías locales, mejorar los ambientes locales, aumentar la confiabilidad del sistema y de la infraestructura, y proporcionar mayor seguridad. La industria FV representa ya una nueva industria multimillonaria, que crece en todo el mundo en casi 40% anualmente, abriendo oportunidades para la competitividad mercadotécnica internacional y el avance económico para naciones como Japón y Alemania, que realizan un esfuerzo concertado para sostener a la industria dentro de sus propias fronteras.

Factores nacionales y locales que apoyan el desarrollo y el uso de las tecnologías de energía renovable

Cumplimiento de los compromisos internacionales para la reducción de los gases de invernadero

La principal fuerza impulsora para la expansión de las aplicaciones de la energía renovable en los países -con excepción de Estados Unidos- han sido los compromisos nacionales para alcanzar las reducciones de emisiones de gases de invernadero adoptadas en el acuerdo de Kyoto (la conferencia de Kyoto de las partes de la Convención del Clima en 1997, COP-3). Incluso sin la participación de Estados Unidos, los 55 estados que representaban el 55% de las emisiones de CO₂ del mundo producidas por naciones desarrolladas en 1990, requeridas para la ratificación formal del acuerdo, serán alcanzados cuando Rusia firme¹.

La Comisión de la Unión Europea ratificó su participación en el acuerdo de Kyoto, y en apoyo de los objetivos del acuerdo, fijó objetivos firmes para los porcentajes de penetración de la energía renovable correspondientes al 12% del total de energía de la UE con energéticos renovables antes del 2010, y 22,1% de participación de energía renovable en el sector de electricidad en 2010. Ésta será la política aún si el tratado no entrara en vigor. Japón ha tomado la misma posición, introduciendo en 2003 un nuevo "impuesto ambiental" para continuar elevando los fondos necesarios para reducir sus emisiones por debajo de los niveles del acuerdo de Kyoto.

La evidencia muestra que cuando el desarrollo de la energía renovable es acompañado por metas y vigorosos programas de eficiencia energética, se puede lograr confiablemente la reducción de las emisiones de gases de invernadero en las naciones industriales con poco o ningún costo neto a largo plazo para sus economías. Igualmente, un número de estudios han demostrado que los aumentos a corto plazo en gastos serán compensados por ahorros a largo plazo en el costo energético, y que la nueva eficiencia e industrias de energía renovable y los empleos creados conducirán a un nuevo flujo de actividades remuneradas a través de la sociedad, estimulando todos los sectores de la economía. Se confía en que el evitar las emisiones de gases de invernadero sea, por tanto, un estímulo en las ventajas económicas positivas netas para los países en el largo plazo. El desarrollo y la puesta en práctica de las energías renovables serán un componente importante de estos programas.

Dentro de este amplio objetivo de la Unión Europea, a cada nación de esa región se le ha asignado un objetivo específico para la reducción de las emisiones de carbono (en porcentaje y comparado con los niveles de 1990), basada en sus últimos logros y la disponibilidad del recurso, así como en su fuerza económica actual. Pero algunos estados miembros de la UE han fijado objetivos más lejanos y ambiciosos, tales como los propuestos por el primer ministro inglés para una reducción en las emisiones británicas de gases de invernadero de 60% antes de 2050. Alemania se ha propuesto una reducción de emisiones del 80% para antes de 2050, esto último como consecuencia de su política de eficiencia de largo alcance y la relacionada con las energías renovables (más sobre esto adelante).

¹ El protocolo fue firmado en Febrero de 2005. N del T.

Factores nacionales y locales que apoyan el desarrollo y el uso de las tecnologías de energía renovable

Las metas a largo plazo para la reducción de emisiones de carbono impulsan, también en el largo plazo, a las industrias de energía renovable, induciéndolas a plantearse metas ambiciosas para el desarrollo de energía renovable más allá del 2010, tal como Inglaterra, con su meta de 20% de su canasta energética a partir de energía renovable antes del 2020; Escocia, con 40% en fuentes renovables antes de 2020; o Alemania con el 40% de su energía primaria y el 65% de su electricidad con base en energías renovables antes de 2050.

Las metas son simplemente metas, *a menos que sean apoyadas por una legislación y por acciones en ejecución, con el suficiente respaldo financiero*. Las metas a largo plazo para la reducción de las emisiones de gases de invernadero crean un marco racional para los gobiernos dentro del cual el suministro de energía, las políticas y los programas de eficiencia, pueden ser establecidos y justificados, así como el fijar los compromisos financieros nacionales cada año requeridos para alcanzar las metas propuestas. *Sin éstos las metas no pueden alcanzarse.*

Mejorar la productividad de los gastos energéticos y la creación de nuevos empleos

Las motivaciones detrás de la política para las aplicaciones de energía renovable van mucho más allá de lo ambiental. El mensaje introductorio de la "Directiva 2001/77/EC del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de septiembre de 2001" indica que:

La comunidad reconoce la necesidad de promover las fuentes de energía renovable como medida prioritaria dado que su utilización contribuye a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable. Adicionalmente, también puede crear empleo local, tener un impacto positivo en la cohesión social, contribuir a la seguridad del suministro...

En apoyo a la noción del estímulo que produce la energía renovable al empleo local, un análisis del "Grupo de Investigación del Interés Público" de Estados Unidos calculó que una inversión para incrementar el uso de la energía renovable en Estados Unidos al 20% del suministro de electricidad de la nación, crearía de "tres a cinco veces tantos empleos como una inversión similar en combustible fósil". El *Worldwatch Institute* de Estados Unidos estima que los sistemas térmicos solares generarían desde 2 hasta 2,5 veces más plazas laborables que los sistemas basados en el carbón o en la energía nuclear. Solamente antes de 1999, se estimó que el empleo global en la industria eólica había contribuido directa e indirectamente a la creación de 31 mil nuevos puestos de trabajo, y las aplicaciones eólicas en el mundo se han duplicado desde entonces, creando millares de plazas adicionales.

Se estima que en los 12 años (1991-2002) que siguieron a la aprobación en 1990 por el Bundestag de la "Ley del suministro interno de la electricidad (EFL)", que otorgó una garantía del precio al por mayor de 90% del precio al menudeo de la electricidad a

Factores nacionales y locales que apoyan el desarrollo y el uso de las tecnologías de energía renovable

productores de energía solar y del viento en Alemania, condujo en el 2002 a una participación de esas tecnologías del 5% de la producción de la electricidad alemana, creando aproximadamente 40 mil nuevos empleos. En contraste, en la industria nuclear alemana, que provee cerca del 30% de la energía de Alemania, trabajan 38 mil personas, sugiriendo que las industrias de la energía renovable son diez veces más eficientes en producir empleos que la industria nuclear. Se ha estimado más a fondo que resolver el objetivo alemán de 100% de aumento en energía renovable (a partir del 6% a cerca del 12%) para 2010, podría crear 25 mil empleos adicionales, en todas las ramas de las renovables.

En Estados Unidos, 25 mil nuevas plazas han sido creadas en y por la industria FV, la cual ha tenido una producción y ventas de 100 MW_p en el año 2002. El Departamento de Energía de Estados Unidos estima que éstas podrían aumentar a 68 mil plazas (directas, indirectas e inducidas) para el momento en que Estados Unidos esté produciendo 480 MW de energía FV cada año. Otra estimación reciente es de 300 mil plazas en la industria de FV en Estados Unidos antes de 2025. Estos valores convierten a la industria FV en Estados Unidos en el equivalente actual de las industrias de computación importantes, tales como Dell Computer, o Sun Micro-Systems, y podría llegar a ser tan grande como General Motors. Esto es también equivalente a la estimación (284 mil plazas) que serían generadas en la industria de energía de la biomasa en Estados Unidos, cuando alcance un nivel de actividad anual de alrededor de seis mil millones de dólares. Asimismo, se ha estimado que el modelo de largo alcance alemán de la energía, presentado más adelante en este documento, podría conducir a alcanzar entre 250 mil a 350 mil nuevos empleos antes de 2050.

Los impactos económicos del desarrollo de las nuevas fuentes de energía renovable, y el uso local de sus tecnologías, ofrecen muy importantes beneficios complementarios y reconocidos para las sociedades, entre ellos destacan el del incremento de la diversidad y seguridad económicas, la creación de nuevos empleos, y una mayor productividad económica local y nacional del dinero gastado en energía. También resulta claro que las políticas de los recursos energéticos les son propias a los gobiernos y no a las empresas productoras de energía, porque estas empresas no están en el negocio de producir empleos, pero los gobiernos sí.

Cuando se crean los nuevos empleos, el "multiplicador económico" entra en acción, ampliando grandemente las ventajas económicas del gasto directo en esos empleos. Por ejemplo, un análisis de insumo-producto realizado en 1992 por el Departamento de Energía de Estados Unidos, acerca del impacto económico potencial de una planta de fabricación nueva de 10 MW_p PV planeada para Fairfield, California (cerca de San Francisco) demostró que la suma de ventas directas e indirectas estaría sobre los 55 millones de dólares por año. La adición en la actividad económica "inducida" relacionada con la localización de la planta y sus empleados, y la actividad directa e indirecta de las ventas, podrían exceder los 300 millones de dólares anuales, rindiendo un 500% del multiplicador en ventajas económicas locales y regionales. Los impuestos sobre las rentas locales y estatales podrían incrementarse en cinco millones de dólares por año, y los

Factores nacionales y locales que apoyan el desarrollo y el uso de las tecnologías de energía renovable

ingresos fiscales locales de ventas podrían aportar otros tres millones anuales, aumentando aún más las ventajas regionales.

Un análisis de insumo-producto, realizado en 1995 por el Departamento de la Administración del Estado de Wisconsin (EUA), reveló que el impacto del gasto estatal de seis mil millones de dólares –fuera del estado- en recursos energéticos en la forma de combustibles fósiles (carbón y petróleo) era equivalente a apoyar 175 mil plazas laborales fuera del estado. Esto representó una significativa pérdida de productividad económica para Wisconsin. El mismo análisis demostró que un escenario alternativo para el desarrollo de 750 MW de nueva capacidad eléctrica de la generación dentro de Wisconsin con recursos propios localmente disponibles (sobre todo biomasa), comparado con el escenario convencional de los combustibles fósiles, habría aumentado el costo de la electricidad en el estado en cerca de un centavo de dólar por cada kWh. Pero esto sería más que compensado por las ventajas a la economía del estado de los nuevos empleos creados por las nuevas industrias locales de energía renovable, que serían equivalentes a poner cerca de 2,5 centavos de dólar por kWh, nuevamente dentro de la economía total del estado. A pesar del mayor costo de la electricidad generada con los recursos energéticos renovables locales, todavía se promovería una gran ventaja neta para la economía del estado. Considerando 30 años de operación, esto podía rendir varios miles de millones de dólares de *ingresos disponibles netos* y contribuir al producto bruto neto del estado.

Esta clase de análisis económicos regionales proporcionan una amplia justificación para el gasto de los fondos estatales, soportado por todos los usuarios de energía en el estado (a través de un Cargo al Sistema de Beneficios, - que en un sobreprecio pequeño en cada kWh vendido) para apoyar la electricidad de alto costo generada con recursos localmente disponibles, porque genera más dinero neto y nuevos empleos para el estado. Los mismos argumentos se sostienen para las ventajas de las llamadas *leyes de entrada* (“*feed-in*”) de Alemania, España y Dinamarca, en donde los costos más altos para la electricidad a causa del uso de los recursos energéticos renovables se reparten entre todos los clientes de las empresas eléctricas de cada país.

Mucha de esta discusión se ha centrado en Estados Unidos y Alemania –ambos estados industriales ricos– pero los mismos argumentos se pueden usar para mostrar la eficiencia económica de mantener el dinero de la energía fluyendo en la economía local, en lugar de asignarla para los combustibles o electricidad importados, en todas las ciudades, los estados y los países del mundo. Esto es de particular significado para los países en vías de desarrollo, donde es críticamente importante la creación de empleos. Cada oportunidad de convertir los gastos para cubrir las necesidades en un significativo incremento del empleo necesita ser aprovechada. Confiar en la energía localmente producida por los recursos energéticos locales también contribuye grandemente a la seguridad económica y a la confiabilidad.

Políticas para acelerar la aplicación de los recursos de Energía Renovable

Panorama general

Todas las consideraciones anteriores ofrecen una justificación suficiente para que los gobiernos realicen esfuerzos serios con el fin de brindar incentivos financieros y políticos para acelerar la aplicación de los recursos de energía renovable y establecer metas legislativas serias que permitan instalar cantidades crecientes de energía renovable en la potencia primaria y en las mezclas y combinaciones eléctricas. Diferentes países han adoptado una miríada de mecanismos y políticas para alcanzar esto; algunos han intentado *empujar* la aplicación a través de leyes y compromisos obligatorios para obtener porcentajes de energía renovable en la energía primaria y en las combinaciones de electricidad para fechas determinadas, y algunos otros han intentado *jalar* la tecnología y las aplicaciones mediante la asignación de recursos a la IyD, y a varios esquemas de incentivos. Éstos incluyen los siguientes elementos y marcos genéricos:

- Metas nacionales multianuales para asegurar e incrementar los mercados de los sistemas de energía renovable, como las carteras de energía renovable (también llamadas Portafolios de Renovables en Estados Unidos), las obligaciones renovables o la Directiva de Renovables de la Unión Europea, especialmente cuando se formulan para apoyar el desarrollo equilibrado de una diversidad de tecnologías de energía renovable.
- “Cuotas” gubernamentales específicas en materia de adquisiciones de energía renovable en ciudades y estados;
- Incentivos a la producción, como las leyes “*feed-in*”, exenciones fiscales por producción; y a la medición neta;
- Amplio sistema de sobrepagos, o cargos al sistema de beneficios, para apoyar los pagos de los incentivos financieros, a la IyD, y a los programas de interés público;
- Mecanismos financieros tales como bonos, préstamos de bajo interés, créditos a los impuestos y depreciación acelerada, y ventas de energía verde;
- Mecanismos para operaciones de crédito, como Créditos sobre Energía Renovable (CER) o créditos por reducción de CO₂, para mejorar el valor de la energía renovable, incrementar el acceso al mercado de esas fuentes de energía, y valorar sus beneficios ambientales;
- Remoción de barreras de procedimiento, institucionales y económicas, la facilitación de la integración de los recursos de energía renovable en la infraestructura de las redes públicas y privadas de suministro.
- Marco regulatorio consistente, en códigos y normas uniformes, y contratos de interconexión simplificados y normalizados;

- Mecanismos económicos compensatorios, como impuestos a la contaminación o a la emisión de CO₂;
- “Nivelar la cancha de juego” remediando una situación donde las inequidades se manifiestan en los subsidios públicos a las tecnologías y a la IyD, aplicables a los combustibles fósiles y la energía nuclear que continúan recibiendo la mayor parte de los apoyos.

Dentro de estas políticas genéricas existen, sin embargo, muchas subopciones que deben ser cuidadosamente seleccionadas para asegurar el mejor programa para cada particular tecnología apropiada, para los diferentes países y localidades. Por ejemplo, en la promoción de energía térmica solar en Europa, la siguiente lista de instrumentos potenciales de financiamiento y sistemas de incentivos han sido avanzados recientemente:

- Medidas fiscales
 - reducción, exención, o cancelación de impuestos
 - crédito de bajos intereses
 - impuestos a la energía/emisión de CO₂
 - impuesto al valor agregado (IVA) reducido
 - cancelaciones excepcionales
- Apoyo a la inversión a:
 - nivel nacional
 - nivel regional
 - nivel local
 - suministradores de energía
 - bonos especiales de Fundaciones para la construcción sustentable
 - apoyo a iniciativas que surgen desde abajo
- Regulaciones
 - excepciones de los reglamentos de construcción
 - normas de energía y construcción
 - obligaciones

- Medidas organizacionales
 - centros de información centralizada
 - grupos de “Hágalo Usted Mismo”
 - asesoría gratuita o barata
 - acuerdos de largo plazo
 - planes financieros aprobados
- Otros
 - financiamiento de proyectos
 - financiamiento extraordinario
 - políticas de aprobación de fondeo público
 - campañas de información solar
 - proyectos demostrativos
 - precios solares

Fuente: ASTIG 2001, tomado de Marion Schoenherr, en REFOCUS, Marzo/Abril 2003, p. 33.

Las diversas políticas han tenido distintos grados de éxito y mucho se ha aprendido. A pesar de que algunas políticas (por ejemplo las llamadas leyes “*feed-in*” para la electricidad de Alemania, Dinamarca y España) parecen haber sido mucho más efectivas para conducir a una expansión significativa de la producción de energía renovable que otras que se han intentado y han sido rechazadas (por ejemplo la política de cuotas del Reino Unido), la Comisión Europea está permitiendo la puesta en marcha de una diversidad de mecanismos en los países miembros para el avance de la energía renovable, con el fin de continuar hacia el 2005 antes de intentar implementar un marco comunitario comprensivo.

Un informe reciente del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (en Berkeley, California, EUA, reportado en REFOCUS, Enero/Febrero 2003) examinó estudios de caso sobre los impactos y la efectividad de los “fondos de energía limpia” en proyectos de las empresas de servicio eléctrico en Estados Unidos. Los mecanismos examinados incluyeron subvenciones por adelantado (apoyo real para los proyectos), préstamos condonables (para apoyar los primeros gastos que son retornables sólo si el proyecto se completa), incentivos a la producción (pagos por kWh de la producción real), contratos de compra de energía y portafolios de renovables. El informe concluyó que los contratos de compras de energía a largo plazo (al menos por 10 años) son críticos para los rendimientos de los sistemas de energía renovable, pero la confianza de los inversionistas para apoyar estos contratos proviene de políticas estables de largo plazo, como las referidas a los portafolios de energía renovable, complementadas, pero en menor grado, por los mercados de energía verde.

También se deben alcanzar los requerimientos mínimos del capital de trabajo para las industrias con energía renovable. Un análisis del financiamiento a la energía fotovoltaica concluyó recientemente que del 80% al 90% del mercado de la energía fotovoltaica requiere dotar de asistencia financiera al usuario final. Igualmente se reportó que el crédito al usuario final, con términos razonables, puede incrementar la demanda del mercado para los sistemas fotovoltaicos en un factor de diez. De manera similar, en las naciones en vías de desarrollo la adquisición de sistemas de energía fotovoltaica puede incrementarse de un nivel de 2 a 5% sin financiamiento, hasta posiblemente un 50% con éste. Tampoco pueden ignorarse los requerimientos del capital para la fabricación y la distribución de ventas, incluyendo el inventario y los pagos. Todos éstos pueden ser facilitados por quitas gubernamentales a las tasas de interés, acompañadas con incentivos a la inversión y a los impuestos, para facilitar la inyección de fondos hacia las industrias de energía renovable.

Las políticas urbanas pueden marcar el camino

Los programas de alcance nacional para el desarrollo de las renovables, apoyados por los gobiernos federales, tendrán claramente el máximo impacto. Pero frecuentemente se pueden generar muchas iniciativas creativas por parte de gobiernos progresistas en las ciudades, orientando la percepción pública de las nuevas tecnologías hacia mayores avances. Esto parece particularmente cierto con relación a la tecnología fotovoltaica, ya que muchos edificios que dispongan de sistemas fotovoltaicos pueden conectarse a la red de suministro de las ciudades, y los beneficios distribuidos por las aplicaciones fotovoltaicas pueden ser especialmente benéficos para mejorar la fiabilidad y seguridad de la infraestructura y los servicios urbanos.

Los distintos gobiernos de las ciudades podrían asumir la responsabilidad de las decisiones de sus empresas de servicio público en al menos dos formas. Ciertamente, la más simple es integrar una empresa de servicio público manejada por la ciudad, o una empresa de servicio público "municipal", como se le nombra en Estados Unidos. Mientras que la empresa de servicio público municipal esté gobernada por una Junta de Directores electa, ellos serían ciudadanos de la localidad, y los trabajos de ésta se integran dentro de las estructuras financieras y administrativas de la ciudad. La toma de decisiones sobre los recursos para la empresa de servicio público que pueden beneficiar a otros sectores económicos de la ciudad, como la generación de nuevos empleos, también puede llevarse a cabo. Pero las ciudades que reciben el servicio de una gran empresa de servicio público, manejada por el sector privado, también pueden tomar por sí mismas el financiamiento de la eficiencia energética y las aplicaciones de energía renovable que conlleven beneficios económicos, ambientales y de confiabilidad a la ciudad.

Una estructura intermedia que está cobrando interés en Estados Unidos, debido a que la legislación reciente lo permite, es la “Agregación Comunitaria”. Ésta permite a todos los clientes de la empresa de servicio público de la ciudad, o a cooperativas de múltiples ciudades, suscribir contratos de compra de energía como si fueran un solo cliente. El contrato puede ser con un proveedor de servicios de energía, ya sea por un costo de servicio más bajo, o para alcanzar requerimientos más estrictos establecidos por la ciudad para la conservación, la eficiencia y para alcanzar mejores normas de energía renovable, que aquellas impuestas por su anterior empresa proveedora de servicio público. El primero de éstos fue el “Contrato Cape Cod”, en el que 21 poblaciones de Cape Cod (Massachusetts), se sumaron y firmaron un nuevo contrato para la energía eléctrica de más bajo costo.

Las cooperativas eléctricas rurales, que igualmente representan pequeñas ciudades o regiones, también se rigen mediante juntas electas, y por lo tanto deben responder a la población a la que sirven. Esto les proporciona cierto empuje en la promoción del bienestar económico local cuando deciden construir y manejar su propia fuente de energía renovable, o apoyar el desarrollo de las granjas locales con contratos de compra de largo plazo de recursos de energía renovable.

A continuación se ofrecen tres ejemplos de Estados Unidos (California), los cuales son suficientemente ilustrativos para tener influencia en los mercados mundiales de energía fotovoltaica. Los dos primeros se refieren a empresas de servicio público municipal, mientras que el tercero, en San Francisco, ciudad que no posee su propia empresa de servicio público pero que, no obstante, ha hecho un compromiso enorme con el financiamiento para la eficiencia y las aplicaciones de energía fotovoltaica. Los tres ejemplos en cuestión demuestran el entusiasmo de los residentes de la ciudad para participar en el futuro energético de su localidad y en la transición energía renovable, así como la influencia que pueden tener las ciudades para acelerar esa transición.

Las ciudades pueden ser actores importantes en la tarea de estimular el mercado y bajar los costos de las fuentes de energía renovable para todos los países en el mundo. Y por su calidad de ciudades, en donde la gente vive y trabaja, el apoyo popular a la transición a la energía renovable y la confianza pública pueden ser enormemente alentados. Los programas urbanos pueden ser multiplicados en el mundo, adaptados a las culturas, a las economías y a los recursos renovables locales.

La empresa de servicio público municipal del distrito de Sacramento

Tal vez el ejemplo de política de energía renovable más consistente a nivel mundial, famoso y ejemplar, han sido los programas de energía fotovoltaica de la empresa de *servicio público municipal del distrito de Sacramento*, California (SMUD por sus siglas en inglés). Los nuevos programas de energía renovable fueron inicialmente alentados por la decisión de la ciudad de cerrar su muy cara, y deficientemente operada, planta de energía nuclear de 800 MW. El cierre forzó a la ciudad a comprar 25% de su energía en el

mercado, lo que condujo a varios incrementos de tarifas. Un muy progresista nuevo administrador de la empresa de servicio público municipal del distrito de Sacramento, David Freeman, se comprometió a que en menos de tres años, la empresa podría hacer frente a la energía deficitaria con eficiencia energética, convertirse en la empresa de servicio público líder en energía solar y recuperar las anteriores bajas tarifas de electricidad.

La promesa fue cumplida. La SMUD se convirtió en la empresa líder a nivel mundial de electricidad a partir de la energía solar durante la última mitad de la década de los años 90. Ahora, sin la planta nuclear, con la eficiencia energética incrementada, y aplicando las fuentes de energía solar y otras de energía renovable, las tarifas de electricidad en la ciudad están aproximadamente igual que como estarían si no se hubieran hecho esos cambios. Las lecciones aprendidas por la experiencia de la SMUD se han presentado a lo largo y ancho del mundo y han sido muy elogiadas.

El programa de energía fotovoltaica de la SMUD estuvo basado en una visión adelantada de sus directivos sobre el potencial fotovoltaico a nivel nacional y mundial. Pudieron prever los 15 mil MW de potencia fotovoltaica instalada en Estados Unidos y 70 mil MW instalados en todo el mundo para el 2020. Simultáneamente, anticiparon que, con esa dinámica instalación, los costos de la energía fotovoltaica podrían disminuirse a \$3,00 dólares por watt instalado (una clasificación realista de potencia de corriente alterna), incluyendo costos de operación y mantenimiento hacia 2010, y además bajar el costo por watt instalado de corriente alterna a \$1,50 dólares para el 2020. Los directivos de la SMUD fijaron las metas propias de la empresa para participar en esta visión de conjunto: 10 MW de energía fotovoltaica dentro de la ciudad para el 2003, y 25 mil sistemas instalados en la ciudad (aproximadamente 50 MW) para el año 2010.

La SMUD realizó una encuesta y descubrió que el 24% de sus clientes estaría dispuesto a pagar más por la electricidad de generación fotovoltaica, que representaba un potencial del mercado fotovoltaico de más de 200 MW. De forma particular (y realista) encontraron que el 14% de sus clientes estarían dispuestos a pagar 15% más, y 8% estaría dispuesto a pagar 30% más, lo que seguía representando más de 35 MW de una base potencial de clientes de energía fotovoltaica.

Para el año 2000, la SMUD había instalado 650 sistemas dentro de la ciudad para alrededor de 7 MW de nueva energía fotovoltaica distribuida, incluyendo 550 casas, al igual que iglesias, escuelas, comercios y lotes de estacionamiento. El sistema más grande, propiedad de la ciudad, generaba en conjunto 500 kW y también protegía del sol los sitios de estacionamiento de vehículos en las ferias del condado.

Al tiempo que la SMUD fundó su programa Pionero II de energía fotovoltaica en 1999, otra encuesta mostró un potencial de mercado de 10 mil a 36 mil nuevos clientes que querían manejar sus propios sistemas, y que representaban una oportunidad de entre 30 MW y 100 MW de energía fotovoltaica adicional. Bajo el programa Pionero II, la empresa subsidió el costo del sistema de energía fotovoltaica a sus clientes, para dejarlo en \$3,00

dólares/watt, totalmente instalado, lo que representó alrededor del 50% del subsidio de la empresa al usuario. Sobre las base de contratos de largo plazo (5 años) con sus proveedores, el objetivo fue disminuir gradualmente la contribución de la empresa, y fijar el costo real instalado para los últimos sistemas del Pionero II de forma tal que se pudiera reducir a un total de \$3,00 dólares/watt en corriente alterna. Cuando los costos de \$3,00 dólares/watt de energía fotovoltaica instalada se incorporen en la hipoteca de una casa a 30 años, esto se traducirá en que el costo de la energía fotovoltaica para los clientes de Sacramento oscile entre 9 y 12 centavos de dólar/kWh, haciendo a la incorporación de FV una alternativa rentable para los propietarios de casas que opten por este tipo de instalaciones.

La empresa SMUD justificó sus propios gastos al inicio del programa cuantificando expresamente no sólo el valor de la electricidad de origen fotovoltaico, sino además los beneficios primarios y secundarios que se derivan de la interconexión para la estabilidad del voltaje fotovoltaico en las redes de distribución, así como otros beneficios reales y tangibles de la energía fotovoltaica en la “demanda distribuida”. La empresa adoptó un marco de políticas de los sistemas de energía fotovoltaica de “Desarrollo Sostenido Ordenado” para todos los años, en el que se garantizaron compras multianuales en gran volumen de energía fotovoltaica y el desarrollo de nuevas instalaciones que contribuyeran a la reducción de los costos. Asimismo, la SMUD condicionó la firma de contratos multianuales con sus proveedores, precisamente con una reducción de costos programada.

El programa de la SMUD ha experimentado contratiempos. Por ejemplo, el principal proveedor contratado falló en alcanzar las necesidades de compra de la empresa, forzando al Distrito a comprar módulos de energía fotovoltaica de repuesto a un costo más elevado. Algunos otros obstáculos surgieron y aminoraron la marcha, pero ciertamente no detuvieron sus ambiciosos programas. Sin embargo, la bien ganada publicidad se ha extendido y ha sido pródiga en este programa, y a sus promotores les han sido otorgados premios en todo el mundo. Ha sido un esfuerzo valiente el de una ciudad empeñada en influir en el desarrollo del mercado mundial y en los precios de la energía fotovoltaica.

Los Ángeles y San Francisco

En los Ángeles, estimulado por el precedente de Sacramento, el Departamento de Agua y Energía de California, la empresa de servicio público municipal más grande del mundo, ofrece ahora más de 5,50 dólares por watt de subsidio como incentivo para la implantación de sistemas de energía fotovoltaica en su territorio. Esto se incrementa a 6,00 dólares por watt de reembolso si la energía fotovoltaica se genera en una planta al interior de los límites de la ciudad (debido al efecto “multiplicador” económico derivado por el uso de los componentes producidos localmente). En 2002, se instalaron sistemas de energía fotovoltaica de 2,3 MW_p. En 2003, Los Ángeles prorrogó su programa de 150

Políticas para Acelerar la Aplicación de los Recursos de Energía Renovable

millones de dólares de incentivos por 10 años para la energía fotovoltaica. Los programas de compra como incentivos para la eficiencia energética y “Energía Verde para un Los Ángeles Verde” complementaron este programa.

En 2001, el electorado de San Francisco, California, ciudad que no cuenta con una empresa de servicio público municipal y que depende de una empresa privada para el suministro de su energía eléctrica, aprobó una emisión de bonos por 100 millones de dólares para otorgar un financiamiento público en forma de créditos para subsidiar los costos de los nuevos proyectos de eficiencia energética y la instalación de 50 a 60 MW de generación de energía fotovoltaica en la ciudad. Después de haberse comprobado que los barrios en esta ciudad, famosa por sus neblinas de verano, poseen en realidad un 85% del potencial de la energía solar radiante de la ciudad de Phoenix, Arizona, y con la aprobación de los grupos empresariales, sindicales, ambientalistas y de salud pública, los votantes de San Francisco aprobaron la emisión con un porcentaje favorable de voto de 73%.

El programa obligatorio de energía fotovoltaica y de eficiencia energética de San Francisco combina ahorros de energía con las nuevas aplicaciones de energía solar, de forma que no habrá nuevos costos netos para los contribuyentes de San Francisco. Se espera que esto incremente la confianza y la seguridad de los servicios de la ciudad, desplace instalaciones de energía generada por combustibles fósiles que de otra forma tendrían que construirse para alcanzar el crecimiento dentro de esta altamente desarrollada y hermosa ciudad, y cree nuevos negocios y empleos para la ciudad. Las ciudades de San Diego, Denver y Nueva Cork ya han contactado a San Francisco para conocer cómo podrían ellos trazar los mismos objetivos en sus ciudades.

Los trámites y procedimientos retrasarán la emisión de esos bonos por un año o más, pero en lugar de esperar, la ciudad por sí misma avanzó en el patrocinio y la construcción de su primer y más importante proyecto, combinando un proyecto de conversión para aumentar la eficiencia energética con un panel de techo para la colección de 650 kW de energía fotovoltaica en el Centro de Convenciones Moscone. El proyecto conjunto reducirá la factura energética que paga la ciudad por su centro de convenciones en alrededor de 200 mil dólares por año. Muchos otros proyectos están en puerta.

Se tiene contemplada la instalación de 100 sistemas adicionales de paneles de techo de energía fotovoltaica en la lógica de desarrollar la infraestructura y simplificar los procedimientos y trámites en la ciudad para preparar una introducción masiva de energía fotovoltaica, una vez que se emitan los bonos. Todos estos proyectos están siendo desarrollados con una forma de “amortización neutral”, lo que permitirá a la ciudad recuperar los costos.

Políticas nacionales para promover nuevos desarrollos de energía renovable

Normas de energía renovable

Es de esperarse que la política marco para las normas de energía renovable, frecuentemente mencionada en la literatura como “Portafolio de Energías Renovables”, se constituya en la principal política que guíe el desarrollo de la energía renovable en Estados Unidos, y el concepto está emergiendo como fundamental para asegurar el desarrollo de la energía renovable en todo el mundo. Cada país que establece metas firmes para un incremento creciente del porcentaje de energía renovable que debe ser introducido en las canastas de energía en la nación para ciertas fechas, con fechas intermedias para metas intermedias, establece, de hecho, un “Portafolio de Energías Renovables” (o una Obligación de Energía Renovable, como le llaman en el Reino Unido). Esto es ahora válido para la Unión Europea y todos sus estados miembros.

Dado que no hay objetivos federales firmes para el desarrollo de la energía renovable en Estados Unidos, 13 de sus estados (en agosto de 2003) adoptaron alguna forma de PER. Los programas de energía renovable estado por estado son muy importantes para generar el momentum y la confianza en las nuevas industrias de la energía renovable. Pero los programas individuales por estado son un pobre sustituto para una política de alcance nacional, si un país entero realmente quiere hacer avances significativos hacia una transición a la energía renovable.

Adoptar objetivos firmes para incrementar año tras año el desarrollo de la energía renovable proporciona un marco seguro para las inversiones multianuales en nuevos negocios, estimula la economía y al mismo tiempo asegura que las metas se alcanzarán. Pero el PER constituye por si mismo una política de fácil implementación, que recurre a las fuerzas del mercado –dentro del espectro de las energías renovables– para cumplir las metas relativas a las aplicaciones programadas a los más bajos precios del mercado de las renovables. Sólo, aquellas tecnologías renovables que están ya probadas y listas para el mercado.

La adopción de un portafolio de electricidad renovable da gran flexibilidad a los proveedores de electricidad. Ellos pueden elegir el medio más barato para alcanzar los requerimientos de tiempo y porcentaje de dicho portafolio, generando la electricidad renovable por sí mismos, o comprándosela a alguien más, o mediante la adquisición de créditos de otros proveedores. Como resultado se tiene una mayor cantidad de nueva generación de energía renovable al menor costo, y un incentivo continuo a los proveedores de energía renovable para reducir aún más los costos.

Desarrollando una cartera de energía renovable balanceada

La simple determinación de metas o la adopción de portafolios multianuales, sin embargo, no asegura nada. El financiamiento gubernamental para la implementación de los programas y los incentivos crecientes resultan absolutamente necesarios para respaldar esas metas. Las leyes alemanas “*feed-in*”, por ejemplo (ver la siguiente sección de este Libro Blanco), están dirigidas a conseguir metas específicas a largo plazo para el incremento de la energía renovable en la mezcla energética nacional. El mecanismo de financiamiento de la ley “*feed-in*” parece ofrecer el incentivo necesario para el mercado, de forma que responda con suficiente energía renovable nueva para alcanzar las metas alemanas. Pero han sido los programas de gasto público y los empréstitos del gobierno alemán los que han constituido la base para esto.

Una de las fortalezas del PER puede ser también una de sus debilidades potenciales. El método de muy libre mercado en el que están conformados los portafolios o normas adoptadas puede estorbar el desarrollo de otras opciones de energía renovable más que las de menor costo. A los precios actuales, el viento es la opción ganadora, mientras que la energía solar, la geotérmica y la bioenergía no pueden competir equitativamente.

Aún más, y en última instancia, la gran transición mundial energética final requerirá aplicaciones, al nivel de las grandes empresas generadoras, de todas las tecnologías de energía renovable para promover un gran volumen de producción y una aplicación de amplia escala que reduzca los costos y mejore la confiabilidad del sistema a través de la diversificación de recursos. Un portafolio o norma multianual de electricidad renovable opera en beneficio de cualquier país en el largo plazo, por tanto, su inclusión es parte de un paquete de instrumentos de política diseñado para apoyar el desarrollo de una cartera balanceada de tecnologías de energía renovable, hechas a la medida del estado de desarrollo de cada una de esas tecnologías.

El portafolio o norma de energía renovable puede “arreglarse” para acomodar una diversidad de recursos. Por ejemplo, la norma puede dividirse en “niveles” como los introducidos en sendos estados, Nevada y Arizona, cuando especificaron que un cierto porcentaje de los recursos de electricidad renovable desarrollados para satisfacer las normas estatales relacionadas con sus PER debían basarse en tecnologías de energía solar. Esto complica de alguna forma la aplicación del PER, pero ha mostrado ser bastante factible.

Si se adopta una norma o PER suficientemente amplia, ésta puede ser de alguna forma “auto ajustable”. Las evaluaciones analíticas realizadas por la *Unión de Científicos Preocupados* mostraron que, con un norma del 10% o menos, una cantidad modesta de energía geotérmica y biogás de los rellenos sanitarios estarían en posibilidad de competir. Pero si la norma se fija una meta de 20% para el 2020, una cantidad considerable de nueva biomasa también podría llegar a ser competitiva, y cerca del fin del periodo pronosticado también podrían hacerlo las tecnologías solares. Empero, resulta importante

promover el desarrollo en paralelo de la gama completa de los recursos de energía renovable desde temprano, en lugar de esperar a que la dinámica del mercado abra la puerta de la competencia, ya que las empresas y los gobiernos querrán oír que las tecnologías son confiables y maduras, además los mercados y los consumidores de electricidad se verán recompensados si los precios han sido forzados a la baja gracias a los vigorosos programas de incentivos.

Un “paquete” de políticas puede incluir incentivos financieros directos para aquellas tecnologías que no puedan todavía competir para satisfacer las obligaciones que establece un cierto portafolio. Por ejemplo, en Estados Unidos los mayores reembolsos ofrecidos por muchos estados y empresas de servicio público municipal son para los sistemas fotovoltaicos instalados, aún cuando esos estados han adoptado portafolios de renovables muy agresivos. En California, el estado con la más amplia norma de electricidad renovable en Estados Unidos, (20% de energía renovable para el 2017), se hacía un reembolso de 4,00 dólares por watt en el 2003 para los sistemas fotovoltaicos de

arriba de 30 kW_p (el monto del incentivo se irá reduciendo gradualmente para nuevos sistemas instalados en años subsecuentes, con la finalidad de encauzar las reducciones esperadas de costos en los sistemas FV). Los sistemas FV más grandes comercialmente, recibieron un significativo impulso de financiamiento multianual cuando la Comisión de Empresas de Servicio Público de California autorizó 125 millones de dólares por año durante cinco años (2004-2009) para apoyar los incentivos de 4,50 dólares por W_p para sistemas mayores de 30 kW_p. Además, los establecimientos comerciales en California pueden agregar créditos a los impuestos federales y estatales de energía solar y de inversión de la empresa de servicio público, permitiéndoles instalar sistemas fotovoltaicos que suministrarían electricidad a un costo de alrededor de 9 centavos de dólar/kWh, un precio realmente competitivo y que no se incrementará a través de los años.

La conclusión que se obtiene aquí y en este Libro Blanco una y otra vez, es que los gobiernos necesitan desarrollar la eficiencia energética y políticas sobre energía renovable que sean apropiadas para los países específicos, y que maximizan el “valor” económico agregado de portafolios equilibrados y diversificados. El segmento más grande de un portafolio de electricidad renovable bien podría ser suministrado por la forma de producción de energía renovable más competitiva o menos costosa, pero de forma suplementaria los programas de incentivos añaden diversidad a las respuestas de mercado, incrementan el desarrollo de nuevas industrias, crean nuevos empleos, y dan mayor seguridad y confiabilidad a una futura red integrada de energía.

De manera similar, el programa japonés de “70 mil techos fotovoltaicos”, confiadamente anunció y pagó subsidios desde 1994 hasta la fecha (y se ha extendido hasta el 2006) para conseguir 424 MW_p de sistemas instalados (117 mil 500 techos) hacia fines de 2002, bajando el costo para el consumidor en alrededor de 41% desde 1995 hasta el 2002, cuando se fijó en 6,50 dólares/W_p. A medida que el precio disminuyó, igualmente se redujo el subsidio gubernamental: del 50% en 1994 al 15% en 2002, pero la popularidad del programa continuó en ascenso.

El costo de la electricidad de generación fotovoltaica todavía es más alto que la electricidad eólica que se vende al mayoreo en las redes, pero el costo neto fotovoltaico es ya el costo al consumidor, dado que los sistemas fotovoltaicos integrados a las construcciones no requieren desembolsos para la transmisión ni la distribución. El resultado es que, dentro de un paquete de incentivos gubernamentales, la electricidad fotovoltaica puede competir efectivamente con los costos más bajos de los otros recursos aislados desarrollados en un marco nacional de normas de electricidad renovable. En California, al igual que en Alemania y otros países europeos, esto ha llevado a la instalación de un gran número de sistemas fotovoltaicos en los techos comerciales y en lotes de estacionamiento.

Un indicador de mercado que muestra el beneficio de los incentivos a la opción fotovoltaica del gobierno del estado de California, es que el proveedor de la mitad de los sistemas comerciales de azotea de energía fotovoltaica en Estados Unidos, e incluyendo la mayoría de los que hay en California, ha visto crecer el tamaño promedio de los nuevos sistemas instalados de energía fotovoltaica de 94 kW_p en el 2000, a 260 kW_p en el 2002, y a casi 350 kW_p en 2003, con varias instalaciones de 1 MW_p cada una, aun mayores.

La energía derivada de la biomasa y la geotérmica actualmente también es más cara que la de los sistemas eólicos. Pero ambas pueden ser usadas en aplicaciones de cogeneración, con un potencial de eficiencia de uso final para la conversión de la energía a trabajo útil de hasta 80%. Al duplicar la generación de energía útil, la cogeneración resulta competitiva, frente a otras fuentes que suministran sólo calor o sólo electricidad. Adicionalmente la energía geotérmica y la de la biomasa, pueden suplir cargas estables firmes con altos valores de capacidad para aumentar la relación costo/efectividad de las fuentes intermitentes de energía renovable, de ese modo también se incrementa el valor de la canasta de energías renovables.

De manera similar, también la generación de energía solar termoeléctrica es ahora más cara que las formas de producción convencionales de energía eléctrica. Pero la muy cercana coincidencia de la potencia eléctrica de las plantas solares, con los caros *períodos pico* de energía de las redes de abasto local y regional, puede aumentar mucho el valor de la energía eléctrica solar producida. En California, por ejemplo, las casas y los comercios con medidores de tiempo de uso, pagan alrededor de 30 centavos de dólar/kWh durante el tiempo de demanda pico de las 12:00 a las 6:00 PM, un periodo que abarca casi completamente la fuente de energía solar disponible. ¡Todas las opciones de generación de energía eléctrica renovable pueden pegarle a ese precio! Y aún mayores beneficios económicos y de confiabilidad pueden derivarse de la producción con plantas de energía híbridas solar-térmicas y termoeléctricas, asegurando que las cédulas de demanda pico siempre se alcanzarán con la producción, mientras (como revela la experiencia solar-termoeléctrica de California) que hasta el 75% de esa energía se puede obtener de la solar.

Un instrumento de política especialmente exitoso: las tarifas “feed-in”

Resulta ilustrativo examinar con cierto detalle una aplicación de política bastante exitosa las leyes “feed-in” (una combinación de pagos como incentivo gubernamental por cada kWh producido con renovables). Los incentivos “feed-in” daneses impulsaron la amplia adopción de la energía eólica en Dinamarca. Otros países han hecho lo mismo.

Alemania fue la primera nación en instituir los incentivos financieros “feed-in” en 1990, los cuales fueron subsecuentemente mejorados en la Ley de Energía Renovable (EEG por sus siglas en alemán) que entró en vigor el 1º de abril del 2000. La electricidad generada con energía solar en Alemania bajo la EEG está subsidiada con un pago superior a los 45,7 centavos de euro/kWh, para un máximo total del programa de mil MW_p. Se continuará pagando la tarifa por 20 años, pero se hará el pago por nuevas disminuciones del sistema, de 5% cada año, suponiendo que el costo irá bajando a lo largo del tiempo. En España la tarifa para la producción de potencia fotovoltaica es de 40 centavos de euro/kWh para sistemas más pequeños que 5 kW, y de 20 centavos de euro/kWh para sistemas de más de 25 MW. En 2002 Francia empezó a ofrecer 15 centavos de euro para la electricidad de generación fotovoltaica.

Ningún apoyo o política de fomento a la energía renovable puede por sí solo sostenerse aisladamente para asegurar el acelerado desarrollo de la energía renovable. Siempre será necesario que el gobierno formule paquetes de políticas que logren combinaciones de metas, incentivos, remuevan las barreras, y ejecuten las demás acciones que permitan el desarrollo de los recursos de energía renovable.

De manera semejante (pero por supuesto, más bajos), en Alemania se ofrecen los incentivos “feed-in” para la energía eólica, al igual que para otras fuentes de energía renovable. La diferencia en los montos de los incentivos “feed-in” está concebida para balancear las diversas necesidades financieras de los diferentes recursos de energía renovables de acuerdo con su estado emergente en el mercado. De esta manera, se desarrolla un verdadero “portafolio” de recursos de energía renovable. Esta constituye una excelente política, especialmente importante para la energía solar, que actualmente produce una potencia más cara que la energía eólica.

En Alemania, la EEG se mantiene flexible, abierta al cambio según lo dicte la experiencia. Por ejemplo, en la lógica de compensar la ventaja de los sistemas eólicos instalados en regiones ventosas, con la relativa desventaja para aquellas colocadas en regiones con velocidades de viento más bajas, el incentivo alemán “feed-in” para la producción de energía eólica ahora depende de la fuerza del viento en el sitio donde se coloque la turbina.

Parece no ser accidental que la adopción de la política de leyes “feed-in” en Alemania, Dinamarca y España ha puesto a esos tres países en una posición de preeminencia en las aplicaciones de energía solar y del viento. Pero el éxito mismo de esas leyes también puede conducir a cargas inaceptables sobre las finanzas gubernamentales. Por eso, los

alemanes financian los incentivos a la producción directa, para también acumulan recursos para préstamos de bajo interés para facilitar la producción de energía renovable, que provienen del sobreprecio impuesto a la venta de electricidad a todos los clientes (a esto se le denomina *Cargo por el Sistema de Beneficios* o SBC en Estados Unidos). Repartido de esta forma, el sobreprecio representa un muy pequeño porcentaje de las facturas mensuales de las empresas generadoras eléctricas. Esto demuestra la sinergia de tener múltiples políticas, incluyendo ambos: los pagos garantizados a los productores de energía renovable y mediante un pequeño sobreprecio compartir la responsabilidad financiera con todos los usuarios de energía en el país.

Esto no quiere decir que la mera adopción de las leyes “*feed-in*” garantizaría una rápida promoción de las aplicaciones de energía renovable. Portugal, Grecia e Italia, por ejemplo, adoptaron leyes “*feed-in*”, pero no las apoyaron suficientemente con otras medidas legislativas, simplificando los permisos de planeación, suministrando préstamos de bajo costo o garantizado el acceso a la red de suministro. Como resultado, no han sido efectivas.

Las naciones en vías de desarrollo

Aunque la importancia de la transición a la energía renovable por parte de las naciones en vías de desarrollo se reconoció al principio de este Libro Blanco, el enfoque fue hecho principalmente en las políticas más apropiadas para las naciones desarrolladas. El liderazgo en el desarrollo de la tecnología sobre energía renovable y en las aplicaciones a gran escala, que harán que los precios se reduzcan y deberá recaer necesariamente en las naciones más desarrolladas. Por tanto, es urgente que estas naciones se comprometan con la transición a la energía renovable tan pronto como sea posible. Por otro lado, las naciones en vías de desarrollo tienen la oportunidad de moverse directamente a esta transición, evitando muchos de los sistemas centralizados a gran escala, - que *ahora se están volviendo obsoletos y peligrosamente poco confiables*- en los países desarrollados, y optimizando sus gastos en energía, además de tener el beneficio de la creación de empleos e industrias locales.

Los beneficios de la transición a la energía renovable se extienden a todas las naciones del mundo. Pero los gobiernos que puedan costear las primeras etapas, son los que deben hacerlo. Los gobiernos que cuenten con recursos económicos para ayudar a las naciones en vías de desarrollo mediante tecnologías de energía renovable, deben proporcionarla. La transición hacia la energía renovable debe darse en todos los lugares.

En este documento se destaca por ejemplo, que China está apoyando el desarrollo de millones de calentadores solares de agua, estimulada por la falta de infraestructura de gas natural y por el alto costo de la electricidad. La *Fundación de Energía*, basada en San Francisco, tiene una oficina en Pekin que proporciona apoyo técnico y experiencia en

Políticas para Acelerar la Aplicación de los Recursos de Energía Renovable

políticas al gobierno Chino para la introducción de la eficiencia energética y de recursos renovables de energía eléctrica en sus empresas productoras de energía. Existen ingenieros y científicos altamente calificados en China, una gran cantidad de fuerza laboral, y por otro lado, problemas muy serios de contaminación del aire y su consecuente impacto en la salud pública, causados por la utilización de combustibles fósiles. Todo esto aporta los elementos necesarios para que el gobierno Chino diseñe políticas serias que lleven a la aplicación de recursos de energía renovable.

China está iniciando su primera aplicación con energía renovable a gran escala por medio de un programa de electrificación cuya inversión es de 340 millones de dólares, para proveer de energía eléctrica fotovoltaica a 30 millones de habitantes que aún carecen de este recurso, y lo está haciendo por la vía rápida. En tan sólo 20 meses, a finales de 2004 se tendrían los primeros 20 MW “fotovoltaicos”, junto con pequeñas hidroeléctricas y otros sistemas híbridos (fotovoltaico-diesel y fotovoltaico-eólico) que aportarán energía a 1 061 poblaciones, y se extenderá a otras 20 mil poblaciones más en el periodo 2005-2010. Este hecho hará que China sea un actor principal en el mercado mundial de energía, con un programa patrocinado únicamente por el gobierno chino, pero con asistencia técnica y capacitación por parte de varias instituciones internacionales, entre ellas el Departamento de Energía de Estados Unidos.

India lanzó un programa eoloelectrico muy serio en la década de los noventa, y ahora es uno de los líderes mundiales en la aplicación de esta tecnología. Aún cuando las empresas de la India importan componentes críticos de los sistemas eólicos, pueden manufacturar hasta el 70% en el país, y por supuesto instalar y mantener los sistemas utilizando la mano de obra local. India también ha introducido millares de bombas de agua con tecnología solar-eléctrica.

A pesar de que la India buscó dotar a todas sus comunidades de electricidad producida centralmente, especialmente a los agricultores, las redes de distribución eléctricas son generalmente ineficientes, poco confiables y con grandes pérdidas (incluido el robo a gran escala de electricidad). Al igual que China, la India cuenta con ingenieros y científicos altamente calificados, una fuerza laboral potencial enorme, una mala calidad del aire y fuentes sucias de CO₂, hechos que, nuevamente, plantean la urgencia de un agresivo viraje para alejarse de los sistemas centralizados improductivos y para reemplazarlos con sistemas de generación distribuida renovables. La india está considerando optar por el desarrollo de la energía renovable como un elemento “central” y permanente de su nueva política energética.

Las necesidades más urgentes en África son el acceso a agua limpia y la depuración del agua sucia para mejorar la salud pública y, cuando menos, tener un poco de luz en cada vivienda, oficina y escuela para mejorar la calidad de vida y la productividad, además de ayudar al avance de la educación. Las tecnologías fotovoltaicas, que son admirablemente apropiadas para satisfacer estas necesidades y mitigar los problemas de los sistemas centralizados, están siendo aplicadas ahora por miles, pero son sólo apenas una pequeña parte de las gigantescas necesidades de África. Los países africanos están más

preocupados en una lucha para satisfacer sus necesidades básicas, y descansan en la ayuda externa y las agencias internacionales para que les lleven las aplicaciones de energía renovable.

En las naciones en vías de desarrollo, los recursos de energía renovable pueden ayudar a satisfacer las necesidades humanas básicas y mejorar la calidad de vida de miles de millones de personas. Del potencial total de aplicaciones en las naciones en vías de desarrollo, millones de pequeños sistemas de energía renovable pueden contribuir de muchas maneras a reducir los costos de la expansión de la transición energética mundial hacia la energía renovable. Empero, con la posible excepción de China y quizás pronto de la India, las normas y políticas gubernamentales en las naciones en vías de desarrollo no son todavía evidentes en forma útil para la discusión explícita en este Libro Blanco. La carencia de recursos financieros, así como la necesidad de asistencia técnica y económica por parte del exterior, por lo regular pesan más que todo lo demás.

Sin embargo, la principal audiencia de este Libro Blanco son aquellos gobiernos que pueden pagar las primeras etapas, lo que explica el énfasis en las políticas apropiadas para las naciones desarrolladas.

Incentivos basados en el mercado

Panorama general

Una de las fortalezas del “portafolio de electricidad renovable” es que está basado en mecanismos de mercado, pero depende en primer lugar de que los gobiernos adopten e implanten objetivos de largo plazo, de que los reglamenten y obliguen a su cumplimiento. Los inversionistas al portafolio lo ven como un signo de confianza, pero otros lo perciben como una mala política, que según ellos equivale a una intervención “de mano dura” por parte del gobierno, y demandan lo que según ellos, debería ser un mercado de energía completamente libre. Se han introducido diversos esquemas alternativos, basados en el mercado, con el propósito de promover la energía renovable, en parte para satisfacer una cierta filosofía política promulgada por algunos legisladores que prefieren que los mecanismos de mercado sean los que seleccionan ganadores y perdedores, más que confiar en la coerción del gobierno o en los incentivos. Esto incluye a las cuotas, al *modelo de comercio de certificados*, la compra de *energía verde* y al comercio internacional de *certificados verdes*. Estos esquemas han venido operando con distintos niveles de éxito (y también de falla) en varios países europeos.

La idea detrás del comercio de certificados es que el apoyo para las tecnologías de energía renovable vendrá principalmente de dos mercados: uno, el de la energía producida y otro, el del valor de los certificados generados y comerciados. Este valor puede ser establecido ya sea en el mercado libre, mejor aún, apoyado por políticas gubernamentales en las que el objetivo de las empresas consiste en reducir las emisiones de CO₂ o en desarrollar las energías renovables. Estas políticas han sido implantadas por medio de requerimientos explícitos o mediante la penalización por incumplimiento. Estos objetivos pueden alcanzarse comprando directamente energía renovable o mediante el desarrollo de nuevos proyectos de generación por medio de energía renovable, o también, mediante la adquisición de generación equivalente a través de la compra de “certificados verdes”, por ejemplo, un Crédito de Energías Renovables (CER) por cada MWh de energía renovable generado por el vendedor de los certificados. Esto hace que se mejore el valor de la energía verde para el productor y hace potencialmente más rentable la producción y la venta de la energía, además atrae inversionistas en la etapa inicial del desarrollo del mercado de energía renovable y aumenta notablemente la probabilidad de éxito para alcanzar los objetivos nacionales de las Normas o Portafolios de Energías Renovables (PER).

Los mecanismos de comercio de créditos y la explotación del mercado “verde” pueden ser un complemento e implantarse en combinación con instrumentos de política más contundentes, tales como los portafolios para la generación de electricidad a partir de recursos renovables y las leyes “feed in”. Bajo estas circunstancias, el comercio de créditos de energía renovable y de bonos financieros de los mercados verdes, pueden jugar un papel importante en el desarrollo de los mercados de energía renovable.

Incentivos basados en el mercado

La dificultad que plantean estos esquemas ha sido la pérdida de certidumbre para los inversionistas, debido a que no pueden predecir la demanda o el precio de los certificados, por lo que los generadores de energía renovable tampoco pueden ya predecir la recuperación de su inversión con confiabilidad.

Cuando el gobierno danés recientemente cambió de las tarifas fijas al *modelo de comercio de certificados* (CCM), su industria de energía renovable virtualmente se estancó. Y la introducción en Gran Bretaña de los “Certificados de Obligaciones Renovables” (ROC, por sus siglas inglesas) como parte del “Orden Obligatorio Renovable” del Reino Unido en abril de 2002, no fue exitosa durante el primer año de aplicación, debido en parte a la disparidad entre muchos vendedores y muy pocos compradores, además de otros factores estructurales que surgieron. Algunos fondos que pudieron utilizarse para construir nuevos sistemas eólicos se *enterraron*, por ejemplo, en transacciones financieras ligadas a los ROC. Por otro lado, el hecho de tener diferentes reglas de mercado en diversos países puede nublar la operación de un mercado internacional de comercio de certificados.

El comercio de créditos de emisión es otra opción importante que está basada en la política de mercado, en la cual se “internalizan” los costos sociales de los impactos ambientales de las emisiones. Europa y probablemente también Canadá, comenzarán muy pronto el comercio de las emisiones de CO₂. Al igual que las políticas de energía renovable autónomas, varios estados de la Unión Americana han desarrollado su propio programa de comercio de bonos de emisiones de CO₂, en ausencia de un compromiso nacional de ese país para reducir los gases de efecto invernadero.

En Estados Unidos se han establecido sistemas similares al del comercio de bonos de carbono para varios contaminantes ambientales (SO₂, NO_x, y COV_s). Pero el comercio de emisiones es sólo una opción, y no puede ser implantada simultáneamente junto con el CER, o de las compras de energía verde, para evitar la “doble contabilidad” de los beneficios de la energía renovable.

Las políticas de comercio de créditos y de emisiones no poseen por sí mismas el poder económico para acelerar y mantener los mercados de la energía renovable. Un caso exitoso como el de Texas, donde la energía eólica se ha instalado a un buen ritmo, por encima de los objetivos intermedios hacia un PER 2010, es el resultado de una combinación exitosa de comercio de certificados con una política enmarcada por un PER significativo y apoyada por el crédito al impuesto de la producción (equivalente al concepto europeo de incentivos “*feed-in*”)

La parte de CER en la política texana cubre casi el 10% del costo de generación con energía eólica, pero ese pequeño incremento en ocasiones puede ser una contribución importante para pagar el costo marginal extra que tiene la producción de *energía verde*. Esto también depende del valor de los CER. En algunos casos, como el del Reino Unido, los ROC (*Renewable Obligation Certificates*), se han introducido de tal modo que se han alcanzado precios por arriba de 100 dólares por MWh.

Incentivos basados en el mercado

Las reglas por medio de las cuales los CER (o los ROC) se introducen, tienen un gran efecto sobre su valor final de mercado.

Los cargos extra por la “energía verde” y la venta de certificados pueden ser también muy efectivos para despertar el interés de aquéllos que buscan participar directamente en el mejoramiento de las políticas energéticas y allegarse al menos algunos fondos para fomentar la energía renovable, más allá de la corriente de los recursos gubernamentales normales. Los recursos financieros potenciales totales que pueden ganarse con este enfoque se limitan al segmento de clientes dispuestos a pagar más por los rendimientos sociales (estimados en un 8% como máximo, de los clientes de las empresas eléctricas en EUA). Por otra parte, los altos costos de mercadeo para los productos manufacturados con “energía verde” pueden comerse los beneficios adicionales, antes de que puedan invertirse en la producción de energía renovable, ya sea en plantas nuevas o en operación. El resultado es que probablemente no se logren economías de escala solamente con los fondos recabados por los sobre costos de la energía renovable, de tal suerte que los cargos extra seguirán representando una opción relativamente cara para apoyar la energía renovable.

Sin embargo, el programa holandés de energía renovable ejemplifica un entorno en el cual el mercadeo de la energía verde puede ser llevado a un nivel significativo. A finales del año 2003, 1,3 millones de clientes (que representan al 20% de la población) firmaron tantos contratos de energía renovable que se rebasó la capacidad de los productores para suministrarla, por lo que se requirió importar energía verde para satisfacer este nuevo mercado. El éxito puede atribuirse a la implementación, por parte del gobierno holandés, de un impuesto ecológico casi neutral al ingreso (“ecotax”) mediante el cual se encarece el costo de la producción de energía convencional en seis centavos de euro por kilowatt-hora, y se permite un descuento a la energía verde. El Fondo Mundial para la Protección de la Vida Salvaje (*World Wildlife Fund*) ha implementado en Holanda una gran campaña mediática diseñada para estimular a los compradores a que acepten estos atractivos contratos de “energía verde”.

Resulta claro que, paralelamente a las condiciones necesarias para hacer de los CER instrumentos financieros importantes de política gubernamental, se deben instrumentar políticas de educación pública, y con ello el mercado de la “energía verde” mejorará sustancialmente. Una vez más, la *combinación* de políticas públicas e instrumentos financieros es la que arroja resultados efectivos.

Requisitos para la introducción de incentivos de mercado justos para la energía renovable

Replanteamiento de las inequidades y distorsiones de los subsidios de mercado para los recursos energéticos

El principal problema de cualquier programa “basado en el mercado” es que los mercados actuales para las fuentes *convencionales* de energía están muy distorsionados por los subsidios gubernamentales. Los subsidios de cualquier tipo para una tecnología energética deben ser creados e implantados de una manera justa. Desafortunadamente, los diseñadores de políticas, solamente consideran (y a menudo se quejan de ello) subsidios para nuevos proyectos que aprovechen nuevos recursos renovables, olvidando que las fuentes convencionales de energía han recibido y siguen recibiendo grandes subsidios que han creado precios completamente artificiales para los combustibles fósiles y los nucleares. Esto hace imposible que la energía renovable compita en el mercado abierto, como a muchos de los que ejecutan políticas les gustaría pensar, ya que actualmente no existe algo parecido a un mercado justo para las fuentes convencionales de energía.

Por ejemplo, un informe del “Proyecto de Política Energética Renovable” estimó que de los 150 mil millones de dólares gastados por el gobierno de Estados Unidos en subsidios a la energía de 1947 a 1999, la energía nuclear recibió 96,3 por ciento. En dicho país, la energía nuclear y la eólica produjo cada una casi la misma cantidad de energía en los primeros 15 años de aplicación de esas tecnologías, pero durante esa etapa de su desarrollo, los subsidios fueron de 39 mil 400 millones para la nuclear y de 900 millones para la eólica, una diferencia de 40 veces. Los primeros quince años de subsidio significaron un costo de 15,3 dólares/kWh para la energía nuclear, 7,19 dólares/kWh para la energía solar y de 46 centavos de dólar/kWh para la eólica. Si se extrapolan estos promedios para los primeros 25 años de comercialización de cada una de las tecnologías, se deducen subsidios de largo plazo para la energía nuclear de 66 centavos de dólar por kWh, de 51 centavos para la solar, y tan sólo de 4 centavos para la eólica.

Un desequilibrio permanente en los subsidios crea mensajes falsos en el mercado acerca de la viabilidad de los recursos energéticos renovables. Para equilibrar los subsidios a todas las fuentes energéticas se deben reconocer los factores de riesgo y de volatilidad de los precios, y se debe incluir también una contabilidad de los beneficios y los costos sociales y ambientales.

Esta inequidad no fue corregida en 1999, aún cuando el apoyo para la energía renovable había crecido a mil millones de dólares para entonces (75% de los cuales se destinó a los combustibles a base de etanol). Los combustibles fósiles recibieron 2 mil 200 millones de dólares ese mismo año. En 1999, la energía nuclear en Estados Unidos cumplía su 52^o aniversario y todavía recibió 640 millones de dólares en subsidios directos.

En el Congreso de Estados Unidos recientemente se hizo una consideración relacionada con préstamos garantizados, destinados a la construcción de 6 a 8 nuevas plantas nucleares, que exponen al gobierno de ese país a asumir 13 mil millones de dólares en pasivos para el erario público, en caso de una falla potencial por parte de los propietarios. Por otro lado, una extensión de la *Ley Price Anderson*, que limita los pasivos de las aseguradoras a 9 mil millones de dólares en el caso de un accidente nuclear, expone al erario público estadounidense hasta por 300 mil millones de dólares en costos irrecuperables, en el caso de que éste sea de grandes proporciones, como el de Chernobil o el que estuvo muy cerca de ocurrir en *Three Mile Island* (EUA).

Para el caso de una planta de energía renovable, no puede concebirse accidente alguno que pudiera exponer al erario público a asumir pasivos de estas proporciones. Y el impacto de blindar al público contra esos importantes riesgos financieros y utilizar fondos públicos para apoyar el “blindaje”, envía señales al mercado completamente falsas.

Desarrollo de un método consistente para estimar los costos de la energía

Para la promoción de las energías renovables, otra dificultad que presentan los esquemas basados en el mercado tiene que ver con el muy distorsionado método actual para estimar los costos nivelados de los recursos energéticos convencionales, mediante el cual se evalúa la “competitividad” de los recursos renovables. Por ejemplo, es bien sabido que la imposibilidad de estimar los costos ambientales de la producción de energía, e internalizarlos de manera que se reflejen en los costos de producción de la energía convencional, hace que los consumidores paguen por los recursos energéticos con diferentes bolsillos simultáneamente (compras directas, impuestos indirectos y costos a la salud). Si estos costos sociales pudieran hacerse explícitos, o explícitamente se ataran a la decisión de comprar energía producida por una determinada fuente, la disparidad entre los costos de las fuentes de energía convencional y las fuentes limpias de energía renovable se reduciría sustancialmente y, en muchos casos, quedaría eliminada por completo.

Se pueden esgrimir buenos argumentos para afirmar que, si por ejemplo, en el precio del petróleo en EUA se incluyera el costo de las medidas militares para garantizar el acceso a las fuentes externas de este energético, el precio de la gasolina al público se duplicaría, y haría que los precios del crudo y la gasolina alcanzaran los niveles de Europa, y quizás eso ocasionaría que los estadounidenses reconsiderasen los beneficios de los vehículos eficientes.

Las fallas en los análisis de mercado, orientados a evaluar adecuadamente los costos y los precios de la energía convencional, se ahondan al tomar en cuenta los modelos matemáticos utilizados. Por ejemplo, los trabajos pioneros del Dr. Shimon Awerbuch muestran en forma convincente que la seguridad energética se verá más afectada por la volatilidad de los precios que por las perturbaciones de la oferta. Sus análisis contribuyen con la noción de que la volatilidad de los precios de los combustibles convencionales introduce un elemento de riesgo en la estimación de las tasas de descuento, que eleva drásticamente el valor presente del costo de los combustibles convencionales, mientras que, al mismo tiempo, se reduce el valor presente de los costos de las fuentes renovables de energía. El laboratorio Lawrence Berkeley (EUA) ha realizado análisis relacionados con lo anterior para cuantificar la “compensación al precio del gas” debido a su volatilidad, aumentando de 0,3 a 0,6 centavos de dólar por kilowatt-hora, y en forma equivalente reducir el costo de las fuentes renovables en la misma cantidad. Awerbuch concluye que los modelos de costos utilizados por los planeadores energéticos que han sido desechados en otras industrias, se remontan a los días del automóvil Ford modelo T. Aún así, esos modelos continúan siendo utilizados para hacer proyecciones de los costos relativos de la energía.

La conclusión de los análisis económicos basados en el riesgo es que la biomasa, la energía hidroeléctrica, la eólica y la geotérmica, todas muestran hoy en día menores costos a valor presente que los combustibles convencionales, incluido el carbón quemado o gasificado, el gas empleado en turbinas y ciclos combinados y la energía nuclear. Ambas, la energía solar fototérmica y fotovoltaica, también tienen costos ajustados por riesgo que resultan menores a los estimados para los combustibles convencionales, aunque son mayores que los de las otras fuentes renovables de energía.

La adecuada contabilidad de los beneficios y los costos sociales de las fuentes de energía, los análisis econométricos que atienden a una eficiencia económica relativa de los gastos en energía en términos de mayores beneficios sociales (por ejemplo, nuevas industrias y plazas laborales creadas), y la teoría económica ajustada por riesgo y volatilidad de precios correctamente aplicada, pintan un panorama completamente diferente al del análisis económico tradicional, en el que las fuentes de energía renovable se muestran evidentemente como la alternativa más segura y probablemente la más barata, incluso en la actualidad.

Además, todo el concepto mismo de “nivelación” de los costos de energía para un periodo largo, ignora completamente el impacto que tendrá el alza en los costos de la energía para los futuros tomadores de decisiones. Mientras que el costo nivelado del gas para 30 años hoy puede ser menor que el costo de la energía geotérmica, o el de la biomasa, al momento cuando los costos del gas empiecen a escalar (presionados por los mercados domésticos y también los mundiales) y los costos de la geotermia y la energía de la biomasa continúen reduciéndose, se llegará a un punto en el que todos los costos se cruzarán, dejando al gas como la fuente *inmediata* más cara. Los futuros gobiernos y tomadores de decisiones se sorprenderán al verse atrapados en contratos de compra a 20 años basados en una irreal “nivelación”, que no corresponde a un mercado dinámicamente cambiante. Para los tomadores de decisiones gubernamentales del

Incentivos basados en el mercado

mañana, las fuentes de energía renovable parecerán inclusive más favorables que las fuentes convencionales de energía, que serán cada vez más costosas.

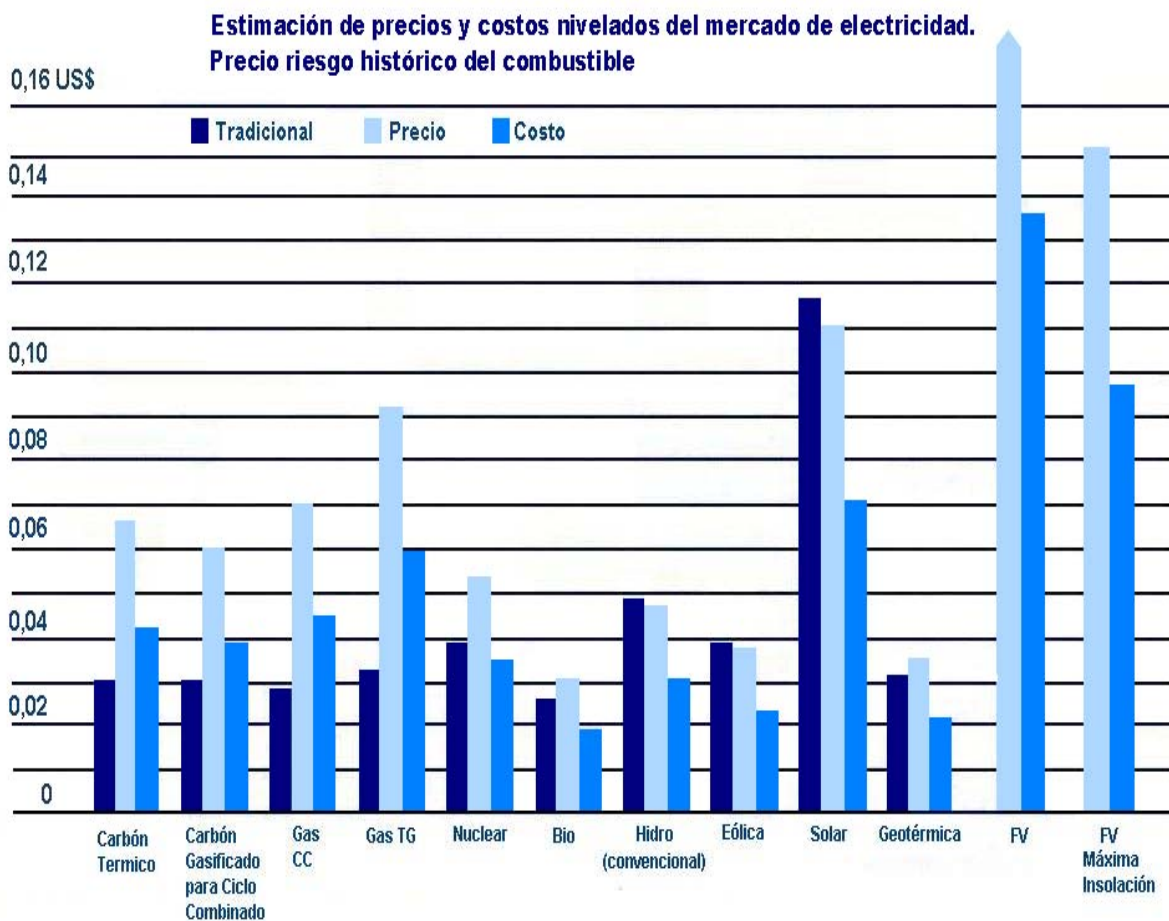


Fig. 17: Estimación del costo de la electricidad ajustado por riesgo, basada en el riesgo del precio histórico de los combustibles.
Fuente: Dr. Shimon Awerbuch, Revista RENEWABLE ENERGY WORLD, Marzo-Abril de 2003, p 58, con datos sobre fotovoltaicos agregados de otro trabajo del Dr. Awerbuch

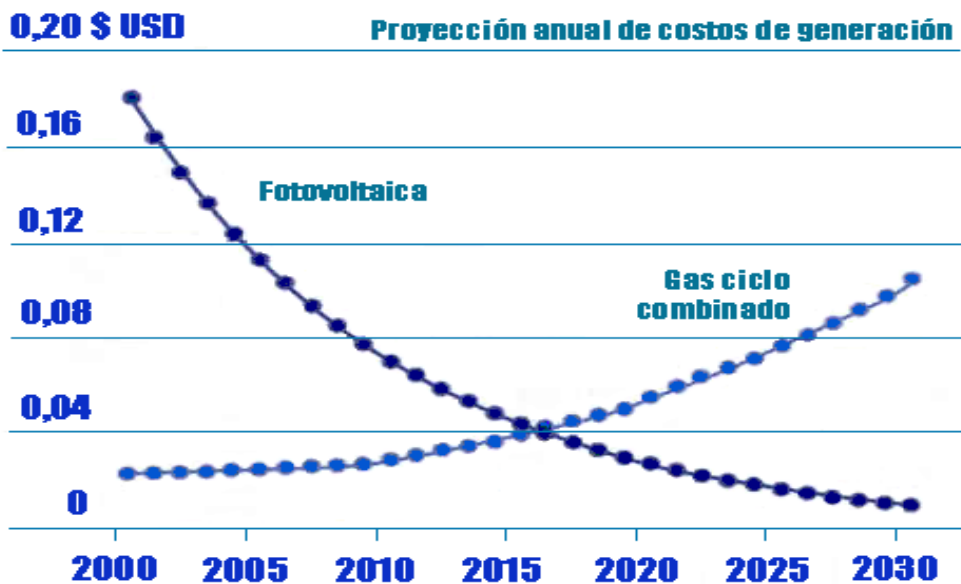


Fig. 18a, b: Los costos nivelados enmascaran información intertemporal relevante. Después del año 2015 los consumidores pueden estar insatisfechos con la elección tomada en el año 2000 de emplear plantas de ciclo combinado a base de gas natural para generar electricidad.

Fuente: Dr. Shimon Awerbuch

El papel de la Investigación y Desarrollo (I+D) para apoyar la transición hacia la Energía Renovable

Los países que dispongan de los programas más avanzados en I+D serán los líderes tecnológicos. En el caso de la energía renovable, la tecnología todavía se está desarrollando y mejorando, mientras que al mismo tiempo algunas aplicaciones tecnológicas disponibles en el mercado son mejoradas constantemente, utilizando la experiencia ganada en las aplicaciones comerciales en este campo. La I+D permanentes en energía solar desempeñarán un papel muy importante en los próximos años.

Por ejemplo, se ha observado que gran parte de la I+D básica en el área fotovoltaica todavía está por hacerse y va más allá de la investigación en celdas, e incluyen un balance de los componentes de los sistemas y sistemas integrados. Todavía se tiene que desarrollar Física básica para aumentar la eficiencia y la confiabilidad de las celdas o películas fotovoltaicas, aunque igualmente importante son los mejoramientos continuos en la integración de los sistemas fotovoltaicos a los componentes y a los sistemas en edificios, así como sistemas de generación distribuida de energía. Aún es posible lograr adelantos significativos y establecer nuevas líneas de investigación.

Un componente importante de cualquier política energética renovable nacional debería ser el apoyo a la investigación tanto básica como aplicada, en conjunto con la cooperación internacional en esta materia para mejorar la eficiencia global de tales investigaciones. La I+D puede dar lugar a nuevas industrias, y sus resultados pueden producir nuevas ventajas competitivas para cada país, mientras se contribuye al avance en estos campos para el beneficio de todos los países.

En cuanto a las tecnologías solares termoeléctricas, todavía hay mucha I+D pendientes, orientadas hacia el incremento de las eficiencias y la reducción del costo de los espejos, helióstatos, colectores y generadores de energía eléctrica, así como para desplegar y refinar sistemas de almacenamiento de energía térmica que puedan proporcionar hasta doce horas de almacenamiento térmico, lo cual mejoraría ampliamente las economías de los sistemas solares termoeléctricos. Empero, resulta de igual importancia la investigación para reducir costos e incrementar la confiabilidad de los componentes de los sistemas solares de calentamiento de agua.

La gasificación de la biomasa es una tecnología muy prometedora para la producción de energía limpia en el futuro, pero aún requiere de un desarrollo considerable. También se debe trabajar mucho para mejorar la capacidad de quemar conjuntamente la biomasa con el carbón. Y por supuesto, se necesita hacer mucha investigación en materia agrícola para desarrollar y optimizar los cultivos para la producción de bioenergía.

La ciencia de la construcción ha surgido como una importante disciplina científica y de ingeniería. Se están desarrollando y refinando herramientas para el diseño “integral de edificios” y facilitar la integración de sistemas de energía compatibles con los componentes arquitectónicos, además de que se están haciendo más amigables al usuario con el fin de que sean útiles en el proceso mismo de diseño. El resultado es que hoy se pueden tener considerables ahorros de energía con impactos relativamente bajos en los costos. En algunos casos la eficiencia energética y la energía renovable pueden

El papel de la Investigación y Desarrollo (IyD) para apoyar la transición hacia la Energía Renovable

incorporarse en grandes edificios con el mismo presupuesto que el de un edificio “convencional” sin esas características.

Estas herramientas de diseño necesitan mejorarse y validarse contra la medición del desempeño de los edificios. El monitoreo de los edificios también debe continuarse y expandirse para desarrollar bases de datos que consigne la experiencia real. Asimismo, la investigación sobre tecnologías de edificios, tales como la iluminación y las ventanas eficientes, está reportando grandes ganancias en eficiencia y desempeño.

La mayor inversión que ha hecho la Unión Europea en cinco años de trabajo conjunto ha sido en la investigación en energía, impulsada por la crisis petrolera de 1973. La investigación en energía fue vista primero como materia de supervivencia para la UE. Para finales de 1990, la proporción de recursos económicos que destinó la UE para IyD en renovables y en eficiencia energética había alcanzado 14% y 12%, respectivamente.

El enfoque europeo para la investigación está cambiando ahora. La seguridad energética sigue siendo el motor fundamental para la IyD en energía renovable en la UE, pero la protección ambiental y la competitividad económica son ahora dos de sus principales motores. El enfoque de la UE para el fondeo de la investigación en la energía renovable se ha basado en el concepto de “ayudar a las empresas europeas a captar la mayor proporción del creciente mercado mundial de tecnologías de energía renovable”. El presupuesto para IyD en energía renovable en la UE ha estado más orientado hacia la investigación aplicada que a la investigación básica. En este contexto es altamente significativo que la Comisión Europea haya determinado invertir 2 mil millones de dólares en investigación sobre energía sustentable para los siguientes cinco años, una cantidad que es 20 veces el gasto que se hizo en el periodo 1997-2001. Por su parte, Japón combina el apoyo para la IyD con la “promoción” de la energía fotovoltaica, con presupuestos de 302,4 millones de dólares en 2002, y de 218,6 millones en 2003.

En su reporte de julio de 2001, la “Fuerza de Tarea en Energía Renovable” de la Gran Bretaña urgió a que “los países del G8 continúen y expandan el apoyo para la IyD de las tecnologías de energía renovable que se aplican en todos los sectores de la economía – edificios, industria, transporte y servicios energéticos de las plantas generadoras”. Esta Fuerza de Tarea también urgió a que se fomentara la cooperación en IyD con los países en vías de desarrollo, y a colaborar con transferencia tecnológica hecha a la medida de cada país.

Dos modelos generales de Política Energética Nacional

Resulta instructivo presentar los siguientes dos modelos generales de política energética nacional para demostrar una integración de políticas realizada de tal modo que puedan obtenerse los mayores beneficios económicos y ambientales y, simultáneamente, también conduzcan a los países una transición hacia la energía renovable. En la actualidad, Estados Unidos está regido por políticas derivadas de sus diferentes estados, de modo que la siguiente propuesta para un modelo nacional es meramente hipotética, si bien realista prometedor para futuras administraciones federales estadounidenses más ilustradas que la actual. Por otro lado, el modelo alemán constituye un verdadero marco nacional para la política energética de ese país, que impulsa profundamente a Alemania a la transición hacia la energética renovable.

Estados Unidos: un liderazgo a partir de sus estados y un esquema de energía limpia para un futuro alternativo

Situación actual (2003) de las políticas energéticas en energía renovable en Estados Unidos.

En 2003, en Estados Unidos no se aplicaron políticas significativas a nivel nacional ni en eficiencia energética ni en energía renovable. A pesar de haber reconocido en su Plan Nacional de Energía de 2001 que, sin las medidas de eficiencia energética implantadas tras la crisis petrolera de 1973, el país estaría utilizando entre 30 y 50% más energía que hoy, Estados Unidos no tiene una política estable ni de largo plazo que continúe cosechando estos beneficios en el futuro. Esto es particularmente cierto con relación a la energía renovable, ya que la directiva gubernamental expresada en el Plan Nacional de Energía de 2001, que pretende pasar de la actual proporción del 2% de energía renovable a un 2,8 % en 2020, difícilmente envía una señal que resulta necesaria para dinamizar la confianza entre los posibles inversionistas.

Pero esto no quiere decir que no exista apoyo federal para aplicaciones de la energía renovable. El crédito fiscal de 1,8 centavos de dólar por kWh a la producción de energía a partir del viento, o de plantas dedicadas de biomasa, por ejemplo, ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de esas aplicaciones en EUA. Pero aún este incentivo ha sido aplicado esporádicamente con base en votaciones año con año, sin proporcionar la seguridad de una política estable y segura que pudiera atraer a nuevas empresas o las inversiones necesarias.

Afortunadamente, sin detenerse por un lento liderazgo federal, cierto número de gobiernos estatales se ha movilizado decididamente asumiendo la responsabilidad de implantar políticas hacia una mayor seguridad energética y conformar el futuro económico de sus estados. Los gobiernos de estos estados han legislado para promover la acelerada aplicación de la energía renovable. Se han desarrollado suficientes programas para afirmar la factibilidad y alcanzar metas agresivas de energías renovables a nivel nacional, y para empezar a implantar *de facto*, una política nacional al margen del gobierno federal.

Dos Modelos Generales de Política Energética Nacional

Para mediados del año 2003, 13 estados habían implementado los Portafolios de Energías Renovables (PER), los cuales producirán más de 14 mil 230 MW de nueva potencia renovable para el año 2017 –un incremento del 105% sobre los niveles de 1997. Ocho de estos estados incluyeron los PER en su legislación, como parte de la reestructuración de sus empresas eléctricas. Wisconsin, un estado que no reestructuró estas empresas, introdujo los PER como apoyo a la “confiabilidad eléctrica”, incorporando explícitamente uno de los más importantes beneficios futuros de la energía renovable, dentro de las primeras políticas energéticas gubernamentales.

En Estados Unidos, California será el número uno en cuanto al desarrollo de nuevos recursos de energía renovable, lo que implica que las empresas eléctricas privadas y los proveedores de energía, deberán incrementar el uso de la energía renovable en no menos de 1% por año, para alcanzar la meta de 20% en 2017. Para ese año, los 21 mil gigawatts-hora adicionales generados de fuentes renovables de energía equivaldrán al doble de la energía renovable actual, con lo cual se provocará un serio descalabro a la dependencia del gas natural para la producción eléctrica en California.

En 2003, la Comisión de Energía de California publicó un análisis en el cual se confirma que habrá suficiente generación de electricidad renovable en el estado para lograr esa meta, y posiblemente 25 mil gigawatts hora por año provendrán de *proyectos en fase de construcción* en 2003. En el mismo informe también se confirmó que más allá de la meta del año 2017, existe una abundante capacidad de recursos energéticos renovables, susceptible de ser desarrollado. Este informe también señaló los hallazgos de la Comisión de Empresas Públicas de California, en el sentido de que se requiere fijar metas para la expansión de las líneas de transmisión en el estado, con el fin de soportar el gran crecimiento de la energía renovable en las distintas áreas de éste.

En cuanto a cierta meta estatal en Estados Unidos, para electricidad generada con energía renovable, con un 15% del total para 2013, Nevada ocupa el segundo lugar más alto, y 5% de esta electricidad deberá generarse por medio de tecnologías solar-eléctricas. En tanto, el estado de Minnesota recientemente adoptó un requerimiento de PER del 10% de su producción de energía eléctrica a partir de energía renovable hacia el 2015, generada en sus grandes empresas eléctricas. Cuando esta producción se suma a la generada por un “acuerdo” sobre almacenamiento de desechos de su planta nuclear de Island Prairie, que será equivalente a 950 MW de energía proveniente del viento y de la biomasa, esas empresas de hecho alcanzarán un PER de 19% hacia el año 2015. A partir de un decreto de ley promulgado por el entonces gobernador George W. Bush, Texas seguirá a California en la instalación total de nueva generación de energía renovable, con un total requerido de 2 mil MW nuevos de energía renovable para el año 2009.

En total 14 estados han asignado fondos para energía renovable a través de sus cuerpos legislativos por montos que ascienden a 4,5 mil millones de dólares para el 2017. La contribución de todos los PER y de los fondos de los programas de energía renovable podrán desarrollar unos 15 215 MW renovables adicionales y protegerán los 7 020 ya existentes hacia ese mismo año. Este escenario implica una reducción de emisiones de

CO₂ equivalente a retirar de la circulación a 7,4 millones de autos, o a sembrar 11,2 millones de acres (4,5 millones de hectáreas) de árboles. Estos programas serán complementados por otros sancionados por las legislaturas locales de los estados en apoyo de la *eficiencia energética*, que totalizan unos 8,6 mil millones de dólares, así como otros 1,2 mil millones para IyD, ambos para el año 2012.

En Estados Unidos, el desarrollo de la *generación distribuida* (esencialmente por pequeñas plantas de energía eólica y solar fotovoltaica) ha sido promovido en 36 de los 50 estados de la Unión. La mayoría de los equipos FV están previstos para ser conectados a las redes de las empresas eléctricas directamente, a fin de obtener créditos en los precios de descuento y en “hacer andar al revés los medidores” de la corriente eléctrica, pero están restringidos por su tamaño en varios estados a máximos de entre 10 y 25 kW, y con algunas pocas excepciones hasta 100 kW. California, sin embargo, permite que califiquen equipos de hasta 1 MW, propiciando un *boom* de muchos cientos de kW en sistemas en azoteas de edificios comerciales y en lotes de estacionamiento.

Ahora se está constatando que la experiencia acumulada en la construcción de sistemas de energía renovable, y en su instalación y operación, va ganando también la confianza de las empresas eléctricas. En Wisconsin, por ejemplo, a principios del 2003 había sido agregada un importante volumen de generación de energía renovable por medio de una política estatal que permitía el irrestricto almacenamiento de créditos de energía renovable en un “banco” para alcanzar sus metas del PER para el año 2011. Texas excedió en un 150% sus requerimientos del PER para el 2002 al instalar 800 MW nuevos de energía eólica, cuando sólo requería 400, y esto hace más viable su meta de 2 mil MW antes del 2009, como se estipula en su legislación. Dos estados –Nebraska y Utah– ya han revisado sus conservadores objetivos planteados en el PER previamente legislado, y han incrementado dramáticamente sus metas iniciales. De hecho, Nebraska logrará tan temprano como en 2005, sus metas de generación solar cuando su planta de 500 MW termoeléctricos solares entre en operación este año.

Un poderoso plan de energía limpia para Estados Unidos

El liderazgo constituido por los gobiernos estatales en EUA ha resultado importante al llenar el vacío político dejado por el gobierno federal, pero podría lograrse mucho más con una política federal basada en metas nacionales establecidas por una legislación que las impulsara. Para demostrarlo y para proporcionar incentivos y apoyo para una legislación nacional al respecto, la “*Unión de Científicos Preocupados*”, que cuenta con una membresía a escala nacional de científicos y agentes interesados que los apoyan en la promoción del interés público en varios campos, incluyendo la energía limpia) desarrolló en 2001 lo que denominó “Planes para (construir) una Energía Limpia”. Basados en estimaciones realistas, y comparada con la política oficial actual de que “todo siga igual” (o *Business As Usual*, en inglés ‘BAU’), tanto en materia de los costos tecnológicos como en los recursos potenciales, su propuesta revela que una meta nacional para EUA

de un 20% de su energía a partir de recursos renovables es asequible para 2020, y que esta meta implicaría otros beneficios económicos y ambientales.

En este *Libro Blanco* se ha sostenido que el aceleramiento de la aplicación de la energía renovable no puede ser simplemente resultado de una o dos políticas. Los *Planes para una Energía Limpia* integran muchas políticas de energía y de eficiencia energética dentro de un gran paquete de apoyos mutuos. Específicamente se han propuesto las siguientes políticas y sus impactos integrados se evalúan analíticamente:

- Un *Portafolio de Energías Renovables (PER)* podría solicitar a las empresas eléctricas el incremento en el uso de energía eólica, biomasa, geotermia, solar y el biogás de los rellenos sanitarios, del 2% en 2002 a un 10% en 2010 y a un 20% hacia 2020. Esto podría ser apoyado por créditos energéticos negociables para contribuir a asegurar su cumplimiento al más bajo costo posible.
- Podría crearse un *fondo de beneficios públicos* mediante un sobreprecio de 0,2 centavos de dólar por kWh, equivalente en promedio a un dólar mensual por cada casa típica, el cual podría ser usado para empatarse con los fondos estatales destinados a la eficiencia energética, energía renovable, IyD, y a la protección de usuarios de bajos ingresos.
- Una *reducción de impuestos por producción* de 1,8 centavos de dólar por kWh para la energía renovable, que podría extenderse hasta el 2006 y expandirse para cubrir todos los recursos de energía limpia y renovable –excepto la hidroelectricidad– esta reducción contribuiría así a “nivelar la cancha”, que hoy aún subsidia a la generación eléctrica basada en los combustibles fósiles y la energía nuclear.
- Una *medición neta* podría ser extendida a nivel nacional para tratar con equidad a los consumidores conectados normalmente a la red y a los que generan localmente su propia electricidad con sistemas de energía renovable de hasta 100 kW, permitiéndoles que sus excedentes de electricidad pudiera devolver a la red eléctrica y hacer que sus medidores girasen en sentido inverso.
- *El gasto en IyD en energía renovable* se incrementaría en 60% en tres años, para alcanzar un nivel de 652 millones de dólares en 2006 (poco más del doble que lo presupuestado para 2002 en Japón), y los montos presupuestados para fomentar la investigación en eficiencia energética crecerían en 50% ó 900 millones de dólares en 2005.
- *Cogeneración.* Podría preverse una reducción de impuestos para la inversión, acortar los tiempos de amortización, y remover las barreras regulatorias para plantas generadoras que produzcan simultáneamente electricidad y calor utilizables, con rendimientos térmicos de entre 60 y 70%.

- *Normas de rendimiento mejoradas.* Podría establecerse una normalización nacional de rendimiento energético mínimo para una docena de productos, que actualmente resulta alcanzable, generalmente a partir de buenas prácticas. Adicionalmente, las normas nacionales existentes serían revisadas para determinar niveles factibles técnicamente y económicamente justificables.
- *Códigos de construcción mejorados.* Los estados podrían adoptar los reglamentos de construcción modelo establecidos en 1999-2000, al igual que establecer nuevos y más avanzados reglamentos hacia 2010, que bien podrían ir bastante más allá de las “mejores prácticas” actuales.
- *Incentivos fiscales* que podrían promover mejoras en la eficiencia energética para la construcción, aparatos electrodomésticos y equipos que podrían mejorar sus rendimientos más allá de las normas mínimas, por medio de reembolsos y exenciones fiscales a las inversiones.
- *Medidas de eficiencia energética en la industria.* La industria podría mejorar su eficiencia entre 1 y 2% por año por medio de acuerdos voluntarios, de incentivos o mediante una normalización de alcance nacional. El gobierno federal podría proporcionar asistencia técnica y financiera y aumentar el número de programas federales para IyD, y los demostrativos.

Un análisis económico de los costos y beneficios de todas estas políticas utilizando los Sistemas de Modelación de la Administración de Información Energética de EUA (NEMS, en inglés) ofreció los siguientes resultados:

- Ciertamente EUA podría cubrir el 20% de sus necesidades de energía eléctrica por medio de fuentes renovables –viento, biomasa, geotermia y sol, para el año 2020.
- Los consumidores de este país ahorrarían un total de 440 mil millones de dólares hacia el 2020, con un ahorro neto anual de 105 mil millones de dólares, o aproximadamente unos 350 dólares por año para una familia típica.
- Para los usuarios típicos, las facturas por consumo eléctrico mensuales se reducirían consistentemente de un promedio de 40 dólares en 2000, a unos 25 para 2020.
- Las políticas de eficiencia y energía renovable de estos *Planes* podrían *reducir* el precio del gas natural en un 27% para 2020, ahorrándoles a las empresas y los hogares otros 30 mil millones de dólares por año para ese entonces.

- La demanda del gas natural se abatiría en 30%, y para el carbón, en casi 60% (reduciendo su quema en 750 millones de toneladas por año) comparada con las proyecciones del escenario *BAU* para el 2020. Se ahorraría más petróleo en 18 años (unos 400 millones de barriles por año para 2020) que lo que podría ser económicamente recuperado en 60 años, según la propuesta gubernamental del oleoducto ártico de Alaska, proveniente de las Reservas de la Vida Silvestre de esa zona.
- Podría evitarse la construcción de 975 nuevas plantas (de 300 MW promedio cada una) de generación eléctrica, de un total de mil trescientas que la actual Política Nacional de Energía tiene contempladas; también podrían *jubilarse* otras 180 viejas plantas de carbón (500 MW en promedio cada una) y unas 14 plantas nucleares existentes (mil MW en promedio cada una). Tampoco serían necesarias unas 300 mil millas de ductos ni 7 mil millas de líneas eléctricas de transmisión adicionales contempladas en la Política Energética Nacional.
- Las emisiones de dióxido de carbono provenientes de las plantas de generación podrían reducirse en dos tercios, comparadas con las proyecciones del escenario (*BAU*), para el año 2020, y también podrían reducirse sus dañinas emisiones de dióxido de azufre y óxidos nitrosos en un 55%.

Pero ¿qué tan realistas son estas conclusiones y beneficios?

El impacto del requerimiento nacional (PER) de un 20% en la generación eléctrica de EUA proveniente de energía renovable para el 2020, fue examinado por la Administración de Información Energética (EIA en inglés) del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) considerando unos costos muy elevados para la energía renovable y otros supuestos conservadores. Sus resultados exhiben unos ahorros modestos en la cuenta energética de la nación para 2020. Comparados con el Plan Nacional de Energía del gobierno, otros estudios que asumen supuestos más realistas, y que combinan el desarrollo de energía renovable con otras medidas de eficiencia energética, muestran ahorros para los consumidores de *miles de millones* de dólares en el 2020.

Consecuentemente, este modelo alternativo revela la clase de beneficios potenciales para los gobiernos que se decidan a perseguir un conjunto integrado de políticas que tiendan a la transición hacia la energía renovable. No obstante, lograr estos beneficios requiere de gobiernos dispuestos a considerar perspectivas de largo plazo y mostrar voluntad para invertir en la implementación temprana de estas políticas. Por ejemplo, en Alemania, el desarrollo de la energía renovable ha mostrado una tendencia sostenida en los últimos 10 años, producto de políticas consistentes, en tanto que las industrias de energía renovable de EUA languidecen año con año en el marasmo de la inconsistencia y del marco de una política energética incierta, con un horizonte temporal de corto plazo.

En el modelo siguiente se verá que las metas de largo plazo, así como las estrategias de Alemania, están “empujando” a la política energética renovable de ese país y a sus inversiones gubernamentales hacia una genuina transición a la energía renovable.

Alemania: una política significativa de largo plazo

Alemania ha adoptado políticas tendientes a reducir dramáticamente sus emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) y, como parte de tal política, al desarrollo de la energía renovable en una *vía rápida*. El resultado ha sido un salto al liderazgo mundial en cuanto a energía eólica (con 12 mil MW en 2002), y al tercer lugar en el mundo en cuanto a capacidad solar fotovoltaica.

Las políticas de Alemania están siendo guiadas, y en parte formuladas, por modelos de sustentabilidad a largo plazo puestos en marcha por el Ministerio del Ambiente del gobierno Alemán, apoyadas por el trabajo analítico del Instituto Wuppertal. Los elementos clave del escenario “Economía Solar en Alemania” son, en primer lugar, que la productividad energética deberá incrementarse entre 3 y 3,5% por año de ahora al 2030. Esto significa que, aunque la economía alemana siga creciendo, su consumo energético se habrá reducido en 30% para el 2030. *Esta es la esencia de una política de eficiencia y de intensidad energética en la que debe basarse la transición hacia la energía renovable que hace que la aportación de esta energía se convierta en un factor significativo.*

Hacia el año 2030 la energía nuclear habrá sido completamente desechada y la energía renovable contribuirá posiblemente con el 25% de la energía primaria nacional. Esa cifra se incrementará al 58% en 2059 y en ese punto, puede decirse que Alemania habrá instrumentado ya su transición hacia la energía renovable.

El modelo todavía avizora una transformación del sector eléctrico hacia 2040, cuando la energía renovable haya superado el 50% del total de la generación eléctrica, expandiéndose a un 65% para el 2050. Esta transformación es posible merced a cambios estructurales que van desde el esquema de una producción centralizada de energía, hacia una producción energética que depende principalmente en la generación específica en sitio. La transformación será facilitada por una programación y una implementación de los cambios necesarios antes de 2020, coincidiendo con el período en el que el envejecimiento del 70% de las plantas actuales, igualmente, habría obligado a su reemplazo en Alemania.

Asimismo, estos resultados consideran transformaciones relacionadas con el ahorro de energía en la construcción y en los sectores del transporte y la calefacción, con una marcada dependencia en la energía renovable en sendos sectores. Así por ejemplo, de acuerdo con el modelo, el monto total de electricidad requerido por Alemania en 2050 sería inferior sólo en 12% al del año 2000 por la porción de la generación de energía eléctrica destinada a la producción de combustibles a partir del hidrógeno.

Dos Modelos Generales de Política Energética Nacional

Estos cambios no serán gratuitos, pero se compensarán por los ahorros en otros costos, como el que se refiere a menores volúmenes de combustible y número de plantas requeridas. Se estima que la cifra del descuento anual podría alcanzar tal vez los 3,8 mil millones de euros, o unos 48 euros por año-persona, representando aproximadamente el 0,14% del PIB. Además, esta cifra no toma en cuenta los beneficios económicos de las nacientes industrias de energías renovables nuevas y los empleos generados (el mismo análisis concluye que entre 85 y 200 mil empleos podría ser creados, o al menos conservados, en el sector de la industria de la construcción, y entre 250 y 350 mil empleos se crearían en las nuevas industrias de energía renovable).

Finalmente, al proyectar el modelo aún más hacia el futuro, con un programa continuo y vigoroso, las energías renovables podrían suministrar el 100% de la energía y la potencia requeridas por Alemania en 2070, y con un programa un tanto más modesto, se podría lograr dicha meta para finales de este siglo.

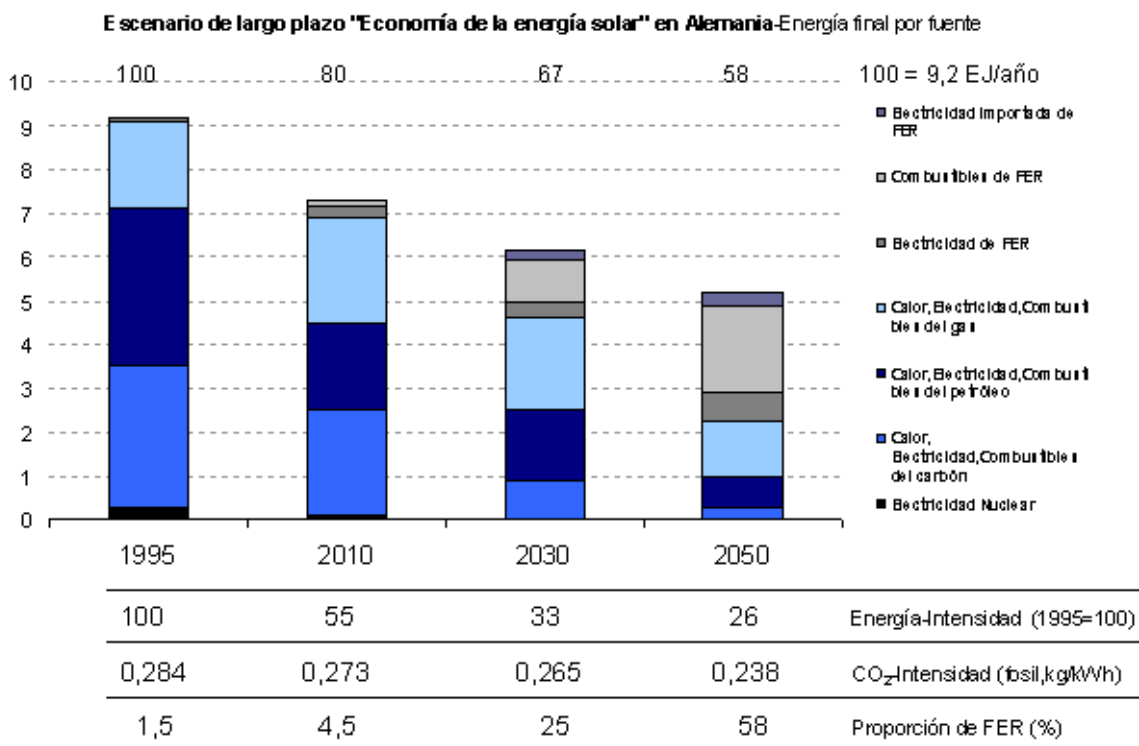


Fig. 19: Un plausible plan alemán a largo plazo para reducir el consumo energético en una economía en expansión y para elevar en porcentajes significativos el uso de las energías renovables.

Fuente: Dr. Manfred Fischedick, Instituto Wuppertal para el Clima, el Ambiente y la Energía

Dos Modelos Generales de Política Energética Nacional

En un informe de 2003 el Consejo Alemán Asesor para el Cambio Global (WBGU), propuso que estos conjuntos de medidas y objetivos podrían mover al mundo mediante la transición hacia la seguridad energética, con protección del ambiente y equidad en el acceso a la energía, entre las naciones ricas y pobres. Además, de las metas de eficiencia y de energía renovable, podría también plantearse el compromiso de reducir a cero todos los subsidios a la energía fósil para el año 2020 e invertir en infraestructura de redes para apoyar la generación eléctrica distribuida e incrementar *en 10 veces* el apoyo a I+D en energías renovables.

Conclusión

Desde el punto de vista de suministrar energía útil a la sociedad, ninguna tecnología de energía renovable puede arrogarse el papel de ser más importante que otra. Cada una tiene su lugar en la cartera de tecnologías para satisfacer las necesidades sociales y proporcionar beneficios sociales, económicos y ambientales. Simplemente porque la opción FV es popular, no siempre es la más importante para las sociedades o las economías que practican diseños sustentables en las edificaciones, o que desarrollan tecnologías térmicas solares. El uso de la energía solar para desplazar los otros recursos de energía, incluyendo la electricidad, es palmo a palmo tan importante para las economías y el ambiente, como el producir nueva electricidad con energía solar.

Un metro cuadrado de área de superficie puede entregar 100 watts de CA de energía eléctrica pico con la tecnología FV. Un metro cuadrado de espejo también puede entregar alrededor de 100 watts de energía eléctrica pico mediante tecnologías eléctricas térmicas solares, y tal vez 200 watts de electricidad con el diseño del Plato-Stirling de máquina térmica. Pero un metro cuadrado de energía solar interceptada puede entregar también 300 watts de energía térmica para calentar agua doméstica o para el calentamiento solar activo de espacios, desplazando 300 watts de calentamiento eléctrico de agua. También un metro cuadrado de radiación solar captada puede entregar alrededor de 600 watts de energía de calefacción, cuando esta radiación se entrega directamente en una edificación, mediante un metro cuadrado de vidrio, eso desplaza, a su vez, 600 watts de calefacción eléctrica. El mismo metro cuadrado de vidrio puede proporcionar luz diurna con una eficiencia de alrededor de dos veces la relación de lúmenes por watt de las mejores tecnologías de iluminación artificial de interiores, desplazando 100 watts de energía eléctrica para iluminación con el apoyo de controladores de rastreo de la trayectoria de la luz diurna.

Todos esos metros cuadrados de colectores y las hectáreas de campos que capturan energía solar, las aspas que convierten la energía del viento, los pozos que entregan la energía térmica de la Tierra, y las aguas que proporcionan la energía de las corrientes fluviales, así como las olas y las mareas, desplazarán a los combustibles fósiles y reducirán los precios y las pérdidas de energía, así como a las plantas nucleares que salen de operación en todo el mundo. Modular el uso de los combustibles basados en el petróleo y destinarlo hacia mayores beneficios económicos, o usar la relación “híbrida” combustibles-ahorro con los recursos intermitentes de energía renovable (sol y viento), contribuirá a integrar sociedades económicamente más seguras y fuertes. En este proceso, el carbono y otras emisiones vertidas a la atmósfera se reducirán sustantivamente, como resultado de nuevas actividades económicamente más atractivas, y no como respuesta a costosas multas ambientales.

La política energética debería ser una de apoyo integral para aquellos componentes interconectados que definen los sistemas de energía de los que depende la sociedad. Asimismo, debería guiar la evolución de esos sistemas hacia el interés público real, lejos de la destrucción del ambiente y la sociedad, y hacia una relación restauradora y compatible con el mundo natural. La política energética debe promover la sustentabilidad y la oportunidad para las generaciones futuras; en caso contrario fracasará, arrastrando al colapso a las sociedades y sus economías.

Conclusión

En amplias regiones del mundo es estimulante contemplar la emergencia de políticas para el desarrollo de la energía renovable, y la determinación de reglas para asegurar la realización de metas que trascienden los límites nacionales. La propuesta del programa de la Unión Europea: "Energía Inteligente de Europa", apunta a la consolidación de diversos programas de 1998-2002 con una estructura para 2003-2006. En el nombre se implica el papel de la "Inteligencia" en la eficiencia energética y los recursos de energía renovable más grandes de toda Europa. El Parlamento de la UE ha propuesto también una "Agencia Europea de Energía Inteligente", que facilitaría la eficiencia energética y las aplicaciones de energía renovable, y la replicación de "mejores prácticas" aprendidas a través de la experiencia de la UE.



Figura. 20: El comienzo de una historia. La planta nuclear de Rancho Seco en Sacramento, California, se cerró a causa de sus elevados costos. Su producción de energía eléctrica ha sido reemplazada por la eficiencia energética y por la planta más grande del mundo que utiliza módulos solares fotovoltaicos para la generación eléctrica. Las tarifas de la compañía eléctrica han vuelto a bajar al nivel que habrían tenido si este valeroso primer paso no se hubiese dado. El primero paso es siempre el más duro.
Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken.

Conclusión

Cuando estas propuestas se incluyeron en la directiva de la Comisión Europea sobre responsabilidad ambiental del 23 de enero de 2002, basada en el principio de que "quien contamina paga", resulta evidente, al menos para una gran parte del mundo, que la eficiencia energética "inteligente" y las políticas de energía renovable están presentes en paquetes que explícitamente incluyen las reducciones de emisiones contaminantes, la protección al ambiente, estímulos para mayores ganancias económicas regionales, remoción de diversas barreras existentes y mecanismos de financiamiento.

Los gobiernos deberían llegar a ser también sus propios mejores clientes. El propietario más grande de inmuebles usualmente es el gobierno. Los gobiernos deberían diseñar y convertir sus propias instalaciones para ser ejemplos de eficiencia y sustentabilidad. Los gobiernos deben estimular las compras por volumen y reducir los costos de las tecnologías de energía renovable utilizándolas en las operaciones gubernamentales de defensa y seguridad. Este tipo de gobiernos pueden ayudar a "jalar" las tecnologías solares hacia los mercados, para complementar el "empujón" hacia sus metas firmes, políticas y leyes.



Figura 21: Los niños pueden ahora tocar, sentir y experimentar el comienzo de la transición hacia la energía renovable, que tan importante será para asegurar su futuro bienestar.

Fotografía tomada por el Dr. Donald Aitken.

Conclusión

La transición a la energía renovable tomará lugar de ciudad en ciudad, región por región, y país por país. Será un proceso generado en cada localidad cuando "la masa crítica" de la aplicación de un recurso renovable sea alcanzada. Estos virajes ocurren cuando la gente, los gobiernos, los reguladores, las empresas eléctricas, y toda la comunidad financiera se familiariza con la tecnología. Para el caso del viento, este viraje parece darse cuando se han instalado 100 MW. Con lo fotovoltaico, sucede cuando sus sistemas aparecen en muchos techos, por ejemplo, y llegan a ser no solamente abundantes, sino motivo de orgullo personal. La ciudad de Sacramento, California, con cerca de mil sistemas fotovoltaicos en sus techos, tiene millares de solicitudes para otros nuevos. Lo mismo es cierto para los techos solares japoneses y los programas alemanes, excepto que en esos países hay decenas de miles de solicitantes.

Los gobiernos necesitan establecer, asegurar y lograr objetivos para alcanzar simultáneamente las metas derivadas de una vigorosa implantación, tanto de eficiencia energética como de energía renovable. Los mecanismos de implementación para lograr estas metas deben ser un *conjunto empaquetado mutuamente sustentable y propicio para políticas consistentes*. La mejor política es una mezcla de políticas, que combina portafolios de energía renovable con pagos directos a la producción de energía e incentivos, con asistencia en préstamos, exenciones fiscales, desarrollo de instrumentos comerciables de mercado, remoción de barreras, liderazgo gubernamental con el ejemplo y la capacitación de los usuarios.

Además, los mecanismos legislativos y financieros para lograr estas metas *deben aplicarse consistentemente, año con año*. Esto requiere la voluntad política sostenida de muchas administraciones y varias generaciones. El lograr solamente eso puede convertirse en un contundente avance para la sociedad.

Este Libro Blanco demuestra que *la transición a la energía renovable no es simplemente una fantasía, sino una visión real, que puede ser implementada por las naciones industriales con disponibilidad de tecnologías, en un tiempo y a costos razonables. Parece evidente que el liderazgo surgido de la ciudadanía y sus gobiernos, combinado con la adaptabilidad de las empresas suministradoras de energía y las instituciones sociales, determinarán qué países triunfan o fracasan.*

La transición a la energía renovable debe comenzar ahora, después será demasiado tarde. Los gobiernos, ciudades, compañías, y la gente, deben colaborar en impulsarla más allá de los difíciles primeros pasos, todos convencidos de que llegarán las grandes recompensas sociales, ambientales y personales. La energía solar, fuente de toda la vida sobre la Tierra, será el soporte de una futura política energética sustentable, segura y razonable.

Reconocimientos

Este Libro Blanco se integró con diversas fuentes, así como con revisiones y sugerencias de muchas personas. El autor de este Libro Blanco (DWA) desea reconocer con gratitud algunas de las referencias principales para la información y los comentarios utilizados en este informe. A continuación se lista a quiénes se contactó personalmente, y a los que apoyaron directamente al autor con otros recursos personales, ofrecieron consejos y llevaron a cabo revisiones del material redactado:

Bioenergía

Dr. Ralph Overend (NREL)
Profr. Larry Baxter (BYU)

Energía geotérmica

Anna Carter (IGA)
Dr. John Lund
Dr. Gary Hutterer
Dr. Cesare Silvi

Energía y potencia eólica

Randall Swisher (AWEA)
Jim Caldwell (AWEA)
Dan Juhl
Peter Asmus
Paul Gipe

Calefacción solar pasiva e iluminación natural de edificaciones

Edward Mazria

Generación de energía eléctrica solar térmica

Dr. David Kearney
Dr. Michael Geyer
Dr. Gilbert Cohen (Duke Energy)
Dr. Frederick Morse

Generación de energía fotovoltaica

Paul Maycock
Steven Strong
Dr. John Byrne (Universidad de Delaware)
Dan Shugar (PowerLight)

Políticas y ejemplos políticos

Dr. Niels Meyer
(Universidad Técnica de Dinamarca)
Rick Sellers (IEA)
Alan Noguee (UCS)
Steve Clemmer (UCS)
Jeff Deyette (UCS)

Unión Europea: Políticas y Recursos

Rian van Staden (ISES)

Ejemplo, el caso de la energía sustentable en Alemania

Dr. Manfred Fishedick
(Wuppertal Institute)

Políticas Alemanas

Burkhard Holder (Solar-Fabrik AG)
Rian van Staden (ISES)

China: Políticas e instalaciones solares

Dr. Jan Hamrin
Dr. Li Hua

Políticas de Japón e Instalaciones PV

Osamu Ikki
Takahashi Ohigashi

Instalaciones solares de Chipre

Dr. Despina Serghides

Dinamarca: Políticas

Torben Esbensen
Dr. Niels Meyer
Preben Maegaard
(Centro del Pueblo para las Energías Renovables)

India: Políticas e instalaciones de energías renovables


Dr. V. Bakthavatsalam y S. Baskaran
(IREDA)

Reconocimientos

Muchos textos contribuyeron a este Libro Blanco, además de numerosos artículos e informes de publicaciones. Los diarios siguientes proveyeron actualizaciones e información continua e invaluable: **REFOCUS** (International Solar Energy Society, publicada por Elsevier Science, Ltd.); **RENEWABLE ENERGY WORLD** (James & James, Science Published, Ltd.); **SOLAR TODAY** (The American Solar Energy Society); **BIOMASS & BIOENERGY** (Elsevier Science, Ltd.)

Gracias en particular a Edward Milford, Editor de **RENEWABLE ENERGY WORLD**, por ayudar al autor del Libro Blanco en la tarea de contactar a los autores de artículos y por recibir las ilustraciones digitalizadas.

A la colega profesional y esposa del autor, Barbara Harwood Aitken, quién proporcionó un aporte sustantivo y útil, una redacción experta y un gran apoyo para la redacción del proyecto.



La Sociedad Internacional de Energía Solar reconoce cumplidamente al:
Dr. Donald W. Aitken, Ex-Secretario y Vicepresidente de la ISES, quien redactó este Libro Blanco con las aportaciones de expertos de todo el mundo, la revisión técnica, la contribución de la Sede y de la junta de directores de la ISES.

© ISES & Dr. Donald W. Aitken 2003
Todos los derechos reservados por la ISES y el autor

Producido por: la Sede de la ISES
Diseño: triolog, Freiburg
Impresión: Systemdruck, Marzo

Título original en inglés:
WHITE PAPER
Transitioning to a Renewable Energy Future

Traducido por:
PROGRAMA DE ENERGÍA,
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
Abril, 2005

"Es breve el espacio temporal durante el cual estarán disponibles de manera conveniente y accesible los recursos de energía fósil para construir las nuevas tecnologías y los dispositivos para suministrar la energía necesaria e impulsar una gran transición energética mundial, sostenida, ordenada y definitiva..."

**ISES
Sociedad
Internacional
de Energía
Solar**

Wiesentalstr.50
79115 Freiburg
Alemania

Tel: +49-761-45906-0
Fax: +49-761-45906-99
E-mail: hp@ises.org
Web: www.ises.org