

Reflexiones sobre la problemática energética actual en el mundo y en Cuba

Lic. Julio Torres Martínez¹

Lic. Ricardo Torres Pérez²

¿Y qué es el hombre sin energía? Nada, nada en absoluto?

Mark Twain

Introducción General

Más allá de consideraciones científicas o de otro tipo, la energía es el motor de nuestro mundo: mueve nuestros cuerpos, calienta nuestras casas, ilumina nuestras calles, alimenta nuestras industrias, desplaza nuestros vehículos y, en definitiva, es la base de toda la actividad que se produce a nuestro alrededor.

La riqueza y calidad de vida de los países está directamente relacionada con el uso de los recursos energéticos. El consumo de energía se ha tomado como indicador de desarrollo: a más consumo, más desarrollo. Una relación que tendrá que cambiar en el futuro sobre nuevos conceptos.

El espectacular avance de la humanidad en los dos últimos siglos se debió en gran medida a la posibilidad de acceder a fuentes masivas y baratas de energía. En un principio fue el carbón, luego el petróleo y el gas. La producción industrial a gran escala, el transporte transcontinental y las comodidades que disfrutamos en nuestros hogares dependen de la utilización de energía. Sin embargo, las bases de este modelo ya no podrán sobrevivir por un largo período.

Este artículo se ha estructurado en dos partes fundamentales. En la primera parte “La energía en el mundo” se actualiza la situación energética mundial a través de un recorrido por los diferentes factores que operan en la oferta y la demanda de

¹ Investigador Titular, Analista de Energía y Tecnologías de Avanzada en el Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología (OCCyT-ACC).

² Adiestrado en el Centro de Estudios de la Economía Cubana (CEEC) de la Universidad de La Habana (UH).

energía en el mundo. Además, se pretende demostrar que existe una posibilidad real de construir un nuevo sistema de abastecimiento de energía. Finalmente, apuntar que existen las condiciones económicas y tecnológicas para que un abastecimiento seguro, barato y ecológicamente sostenible esté al alcance de todos en este planeta. Como conclusión parcial se hacen algunas reflexiones sobre este tema

En la segunda parte “La Revolución Energética en Cuba: una opción hacia la sustentabilidad”, se caracterizan brevemente los hechos esenciales que describen la evolución ocurrida en la esfera cubana de la energía a partir de 1990, después de más de 30 años de un notable desarrollo ascendente basado en una inédita y amplia colaboración de la Unión Soviética junto a otros países del CAME, que desapareció de manera abrupta e irreversible en aquella fecha y se muestra la dinámica de sus indicadores fundamentales después del año 2000, así como un conjunto de acciones que configuran la respuesta del Gobierno Revolucionario durante ese período, a la crisis surgida en aquel momento.

La atención se concentra en el suministro de hidrocarburos y el desarrollo del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), que ha sido calificado con razón como la “espinas dorsal” de la esfera energética cubana y como una de las conquistas de la Revolución Socialista que merece ser preservada. Se ilustra la situación del SEN entre los años 2003 y 2005, que trajo como consecuencia las graves afectaciones experimentadas en ese período y la necesidad de tomar urgentes y radicales decisiones durante el segundo semestre de 2005 y los primeros meses de 2006, conducentes a la Revolución Energética en Cuba que se acordó en la ANPP como divisa del año actual.

Para terminar, se da un conjunto de conclusiones que enfatizan sobre las opciones y oportunidades que ofrece la Revolución Energética en Cuba para iniciar el tránsito hacia la Energética Sustentable, definida como el sistema capaz de satisfacer la demanda de servicios energéticos de la sociedad a partir del

ahorro, la elevación constante de la eficiencia, las medidas del lado de la demanda y las fuentes renovables de energía para sustituir progresivamente las fuentes fósiles que hoy dominan el sistema energético actual y contaminan a diario la biosfera.

LA ENERGÍA EN EL MUNDO

Panorama General

De acuerdo con estimaciones realizadas por la Agencia Internacional de la Energía (IEA)³, si los patrones actuales de consumo de energía se mantienen, las necesidades energéticas serán un 60% superior en 2030.

Los combustibles fósiles continuarán encabezando las fuentes de energía, cubriendo más del 85% del incremento global de la demanda. El petróleo continuará siendo la fuente esencial, aunque su participación relativa va a decrecer. El gas natural mostrará una dinámica impresionante, proveniente principalmente de la generación eléctrica. A pesar de que el carbón perderá participación relativa, mantendrá su posición como fuente fundamental para la generación eléctrica.

La demanda crecerá un 1,7% anual hasta 2030, un poco menos que durante las tres décadas pasadas, cuando fue de un 2%. La intensidad energética (cantidad de energía necesaria para producir un dólar de PIB) continuará disminuyendo debido, fundamentalmente, al aumento de la eficiencia energética de los equipos y a la menor dependencia de la economía mundial con respecto a la industria.

Dos terceras partes del incremento de la demanda deben provenir de los países en desarrollo debido a su mayor crecimiento económico y demográfico. Se plantea que para la tercera década de este siglo, los países del sur podrían acumular hasta un 50% de la demanda mundial. Adicionalmente, según la IEA⁴ se necesitan alrededor de 568 mil millones de dólares anuales hasta 2030 para cubrir los requerimientos energéticos, la mayoría de ellos en los países en desarrollo. Esto basándose en un suministro mayoritario a partir de combustibles fósiles. Una

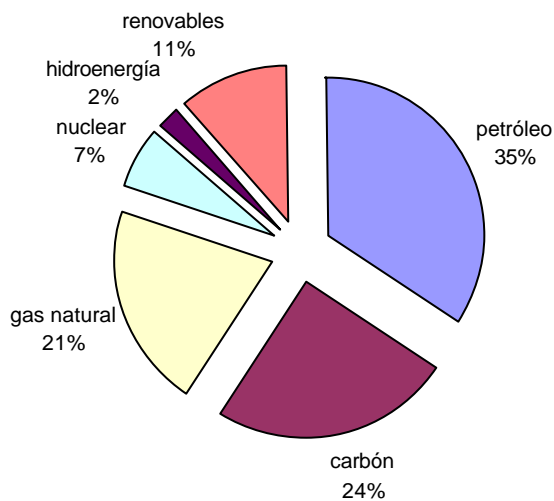
³ *World Energy Outlook 2004*, International Energy Agency (IEA), 2005.

⁴ *World Energy Outlook 2004*, International Energy Agency (IEA), 2005.

buena parte de estos recursos podrían ser invertidos en el desarrollo de fuentes alternativas.

Estas proyecciones, sin embargo plantean un reto abrumador. No es seguro que nuestro planeta pueda soportar semejante ritmo. El cambio climático, cuyos primeros efectos se dejan sentir ya, amenaza la vida misma en la Tierra. Tampoco es realista la posibilidad de extender los actuales patrones de consumo de las sociedades industrializadas al resto del mundo. Sencillamente, los recursos disponibles son finitos. La actual dependencia de los combustibles fósiles es una amenaza para el medio ambiente y para la sostenibilidad del desarrollo.

Oferta total mundial de energía primaria según fuente, 2003

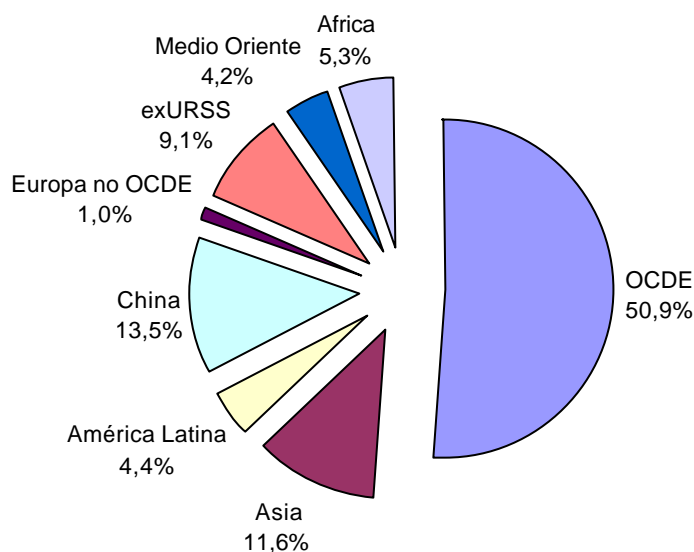


Como se aprecia, los combustibles fósiles aportan el 80% de la energía primaria total en el mundo⁵. Además, dentro de las fuentes que se agrupan bajo la denominación de renovables, la mayor parte proviene del uso de la biomasa, concretamente la leña y el carbón vegetal, algo que amenaza el uso sostenible de los bosques. Esto, fundamentalmente en los países pobres, donde un gran porcentaje de la población rural no cuenta con un combustible doméstico alternativo.

⁵ Key World Energy Statistics 2005, International Energy Agency (IEA)

Otro aspecto importante en el tema, es la manera en que se distribuye la energía en el mundo⁶.

Producción mundial de energía primaria según grupo de países, 2003



Tal y como se observa, los países de la OCDE que tienen cerca del 20% de la población mundial, consumen poco más de la mitad de la energía primaria del mundo, mientras que toda África solo se apropia de un 5,3%.

El mundo tendrá que iniciar en este siglo la migración hacia un nuevo modelo de suministro energético, menos contaminante, más diversificado y sostenible, que permita a todos los habitantes de este planeta hacer un uso adecuado de la energía.

⁶ *Ibidem.*

Petróleo

La demanda de petróleo se puede incrementar un 1,6% anual hasta 121 millones de barriles diarios (mbd) en 2030, desde una producción diaria actual de 84,3mbd como promedio durante el 2005. La mayor parte de este incremento vendrá del sector del transporte. Los países de la OPEP cubrirán la mayor parte del incremento en la demanda. Para esta fecha, estos países proporcionarán la mitad del consumo de petróleo en el mundo, una cuota superior a la de los años setenta.

Esto, a partir de que la OPEC concentra el 78% de las reservas probadas de crudo del mundo, que se estiman en unas 162 000 millones de toneladas⁷, que pueden incrementarse aún más si se le suman las reservas de petróleo pesado y extrapesado de la Franja del Orinoco en Venezuela que son unas 32 000 millones de toneladas adicionales.

Con lo cual este país se constituiría en la primera reserva del mundo (42 000 millones de toneladas) por encima de Arabia Saudita (36 000 millones de toneladas). Fuera de la OPEC las mayores reservas se ubican en Rusia, el Mar del Norte y México. Con los niveles de extracción actuales (3868 millones de toneladas anuales) el horizonte de agotamiento se calcula en 40 años, si no se adicionan nuevas reservas.

Adicionalmente, el costo de oportunidad de utilizar el petróleo en particular, y los combustibles fósiles en general para la obtención de energía es cada vez mayor. El desarrollo de la industria química con base en estos recursos permite obtener un sinnúmero de derivados de todo tipo, sin embargo, la utilización de los hidrocarburos como fuente de energía impide esta posibilidad.

⁷ *Annual Statistical Bulletin OPEC, 2004.*

Productores*	Mt	% del total mundial
Arabia Saudita	492	12.7
Rusia	456	11.7
Estados Unidos	337	8.7
Irán	203	5.2
México	192	4.9
China	174	4.5
Venezuela	153	3.9
Noruega	151	3.9
Canadá	146	3.8
Nigeria	129	3.3
Resto del Mundo	1 455	37.4
Mundo	3 888	100.0

Exportadores*	Mt
Arabia Saudita	333
Rusia	228
Noruega	135
Irán	116
Nigeria	112
México	105
Venezuela	90
Emiratos Árabes Unidos	88
Canadá	83
Reino Unido	75
Resto del Mundo	648
Mundo	2 013

Importadores**	Mt
Estados Unidos	545
Japón	209
Corea del Sur	108
Alemania	106
Italia	92
China	91
India	90
Francia	85
España	58
Holanda	57
Resto del Mundo	674
Mundo	2 115

Gas Natural

El consumo mundial de gas natural alcanzará el doble del promedio actual hacia 2030. Este crecimiento se verificará particularmente en América Latina, África y Asia, en parte debido al desarrollo económico y a la existencia de reservas. Recientemente se han producido avances importantes en la tecnología asociada al uso del gas natural como materia prima en la generación eléctrica y otros usos industriales. La preferencia por este combustible viene dada por sus ventajas ambientales, sus bajos costos de explotación y la flexibilidad operacional de la tecnología asociada.

A esto se suma que las reservas probadas, poco más de 161 000 millones de toneladas de petróleo equivalentes (TPE)⁹, son más que suficientes para hacer frente a la demanda proyectada. Es más, el incremento en las reservas ha venido superando la producción anual por amplio margen desde 1970. Serán particularmente importantes los incrementos que se esperan en la producción de Rusia y el Oriente Medio, los cuales poseen más de la mitad de las reservas probadas. El gas natural licuado (LNG, del inglés Liquefied Natural Gas) usado en las plantas generadoras de electricidad, será la forma predominante en el comercio.

⁸ * *Key World Energy Statistics 2005*, International Energy Agency (IEA).

⁹ *Annual Statistical Bulletin OPEC*, 2004.

Productores*	Mm3	% del total Mundial
Rusia	620 095	22.2
Estados Unidos	531 951	19.0
Canadá	182 564	6.5
Reino Unido	101 182	3.6
Argelia	88 337	3.2
Holanda	85 983	3.1
Noruega	82 340	2.9
Irán	81 332	2.9
Indonesia	79 498	2.8
Arabia Saudita	63 999	2.3
Resto del Mundo	877 235	31.5
Mundo	2 794 516	100.0

Exportadores*	Mm3
Rusia	194 832
Canadá	103 083
Noruega	75 858
Argelia	64 544
Holanda	53 560
Turkmenistán	44 090
Indonesia	38 593
Malasia	25 460
Qatar	24 420
Estados Unidos	24 188
Resto del Mundo	139 542
Mundo	788 170

Importadores* ¹⁰	Mm3
Estados Unidos	120 587
Alemania	90 109
Japón	81 225
Italia	67 908
Ucrania	54 428
Francia	43 978
Corea del Sur	28 929
España	26 951
Turquía	21 732
Belarús	19 643
Resto del Mundo	238 879
Mundo	794 369

Carbón

El carbón (hulla y lignito) aporta casi la cuarta parte de la energía primaria a escala mundial. Sin embargo, en la producción de electricidad este porcentaje asciende a más del 40%, lo cual supera ampliamente al resto de las fuentes. No obstante, esta industria enfrenta un creciente desafío que está relacionado con sus niveles de contaminación, que son los más elevados dentro del sector.

Algunas razones como las medidas de protección ambiental, los impuestos sobre la energía no limpia, el comercio de derechos de emisión y el crecimiento de las fuentes renovables son una barrera crecientemente importante, que amenaza el predominio del carbón, al menos como fuente de energía.

En cualquier caso, el desarrollo de nuevas tecnologías puede mitigar en algo estos elementos adversos. Es necesario apuntar que todavía existen grandes reservas de carbón de piedra y que los objetivos de desarrollo que tiene que ver con el acceso a la electricidad, son difícilmente alcanzables sin tomar en cuenta esta fuente, que es barata en comparación con otras tecnologías disponibles en la actualidad. Las disponibilidades de este recurso ascienden a casi 910 000

¹⁰ * Key World Energy Statistics 2005, International Energy Agency (IEA).

millones de toneladas¹¹, que alcanzan para 170 años con los niveles de extracción actuales.

Productores*	Mt
China	1 956
Estados Unidos	933
India	373
Australia	285
Sudáfrica	238
Rusia	210
Indonesia	129
Polonia	100
Kazajastán	83
Ucrania	62
Resto del mundo	260
Mundo	4 629

Exportadores*	Mt
Australia	218
Indonesia	107
China	87
Sudáfrica	66
Rusia	65
Colombia	52
Estados Unidos	43
Canadá	27
Kazajastán	22
Polonia	20
Resto del mundo	48
Mundo	755

Importadores ¹²	Mt
Japón	183
Corea del Sur	79
Taiwán	60
Alemania	39
Reino Unido	36
India	31
Italia	25
Estados Unidos	25
España	24
Holanda	23
Resto del Mundo	229
Mundo	754

Energía Nuclear

En cuanto a la producción de energía nuclear, las capacidades se incrementarán ligeramente, pero su parte dentro del total de producción de energía se reducirá. La mayor parte de los reactores que están en los países europeos miembros de la OCDE se desactivarán durante las primeras décadas de este siglo, en unos casos por llegar al final de su vida útil y en otros por planes gubernamentales asociados al desmontaje de la producción nuclear.

No obstante, debido a los altos precios del petróleo y el agotamiento de los combustibles fósiles, en muchos países se incrementa la presión para volver a considerar esta como una opción real para la provisión de energía sin contribuir al calentamiento global. Se argumenta que esta fuente es limpia, no produce gases de efecto invernadero y pocos desperdicios que si se manejan adecuadamente no son peligrosos. Pero sin dudas el aspecto de más peso es su relativo bajo costo en comparación con los combustibles fósiles. Una pastilla de dos centímetros de

¹¹ Investment in Coal Supply and Use: An industry perspective on the IEA World Energy Investment Outlook, International Energy Agency (IEA), 2005.

¹² * Key World Energy Statistics 2005, International Energy Agency (IEA).

ancho de combustible nuclear genera la misma energía que una tonelada y media de carbón.

Sus detractores sostienen que los residuos radioactivos tardan siglos en descomponerse y son peligrosos, las instalaciones pueden ser especialmente vulnerables a ataques y la proliferación de reactores puede propiciar el resurgimiento del armamentismo nuclear.

El hecho cierto es que algunas naciones están reconsiderando la decisión de suspender el uso de esta fuente de energía. En Europa, donde la campaña en su contra fue especialmente fuerte, Finlandia comenzó la construcción de la primera central atómica en ese continente en más de una década. Otros países como China, India, Japón y Corea del Sur proyectan incrementos importantes.

Capacidad Instalada*	GW
Estados Unidos	98
Francia	63
Japón	44
Alemania	21
Rusia	21
Corea del Sur	16
Reino Unido	12
Ucrania	11
Canadá	11
Suecia	9
Resto del Mundo	55
Mundo	361

Productores* ¹³	TWh	% del total mundial
Estados Unidos	788	29.9
Francia	441	16.7
Japón	240	9.1
Alemania	165	6.3
Rusia	150	5.7
Corea del Sur	130	4.9
Reino Unido	89	3.4
Ucrania	81	3.1
Canadá	75	2.8
Suecia	67	2.5
Resto del Mundo	409	15.6
Mundo	2 635	100.0

¹³ * *Key World Energy Statistics 2005*, International Energy Agency (IEA).

Fuentes Renovables

Dentro de lo que se conoce como fuentes renovables de energía se agrupan un amplio espectro de posibilidades técnicas para obtener energía, que tienen en común que la fuente energética es, en principio, inagotable. Con el propósito de clarificar este abanico, se hará una breve descripción de cada una de las fuentes actuales.

Geotérmica: es la energía existente en el subsuelo, que está más caliente según se avanza en profundidad.

Hidráulica: es la energía procedente de los saltos de agua, que se aprovecha para generar electricidad mediante una turbina.

Marina: del mar se puede obtener energía de cuatro fuentes diferentes, de las mareas (mareomotriz), de la energía mecánica de las olas, de la diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las más profundas y de las corrientes marinas.

Eólica: se puede obtener electricidad mediante el aprovechamiento de la fuerza del viento para mover aerogeneradores situados en el mar o en la tierra. También se puede usar para el bombeo de agua a través de los conocidos molinos de viento.

Solar: Central de chimenea solar: consiste en un gran colector solar plano que, a modo de invernadero, convierte la radiación solar total en energía térmica. En el centro del colector se sitúa una chimenea de gran altura, por la que asciende por convección natural el aire caliente, accionando una turbina situada en el interior de la chimenea para generar electricidad. Funciona las 24 horas del día, gracias a la energía almacenada en el suelo y a la protección de pérdidas que proporciona el colector.

Solar fotovoltaica: convierte directamente la luz que recibimos del sol en electricidad, gracias al efecto fotoeléctrico del silicio que compone los módulos fotovoltaicos. Se conectan a la red eléctrica de distribución a través de un inversor, que transforma la corriente continua procedente del módulo en electricidad con las mismas características que la de la red. La tecnología solar fotovoltaica con seguimiento se consigue con agrupaciones de generadores fotovoltaicos, con un mecanismo que permite seguir el “movimiento” del sol de este a oeste, con lo que consiguen un mayor rendimiento.

Central solar termoeléctrica: utiliza un campo de espejos para concentrar la radiación solar directa, consiguiendo calentar un fluido a altas temperaturas. Con esta fuente caliente se genera electricidad como en una central térmica convencional.

Además, se puede aprovechar el sol directamente en calentadores solares para calentar el agua de uso doméstico o comercial.

Biomasa: es la fracción biodegradable de los productos y residuos procedentes de la agricultura, la industria, y de la actividad doméstica. Tiene tres usos finales fundamentales, producción de electricidad, biocombustible para el transporte (etanol y biodiésel) y combustible para calefacción.

Ventajas asociadas a la utilización de las energías renovables

- ✍ no producen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera
- ✍ no generan residuos de difícil tratamiento
- ✍ son inagotables
- ✍ son autóctonas
- ✍ amplia distribución alrededor del mundo
- ✍ crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales
- ✍ disminuyen la dependencia exterior
- ✍ contribuyen decisivamente al equilibrio territorial porque suelen instalarse en zonas rurales

La producción de energía a partir de fuentes renovables debe crecer enormemente, pero a partir de niveles muy bajos. Se espera que en 2030 alcance el 6% de la producción total, a partir del 2% actual según la IEA y a partir de continuar con los ritmos de crecimiento actuales. Sin embargo, existen potencialidades inmensas para expandir la participación de estas fuentes en la oferta de energía primaria y electricidad.

De acuerdo con un estudio publicado por EREC¹⁴ (European Renewable Energy Council), bajo determinadas condiciones, se puede alcanzar para 2040 una participación de estas fuentes del 47,7% en la oferta total mundial de energía primaria, lo que supone unas 6351 millones de TPE. Adicionalmente, se podría obtener una producción de 29808 Twh o el 82% de la demanda mundial estimada para ese año.

Ya en 2001 un informe de Greenpeace adelantaba "...la solar fotovoltaica tiene el potencial de hacer una gran contribución, tanto al futuro de la seguridad del suministro energético mundial como para ayudar a evitar el peligro del Cambio Climático, es una meta realista y factible, basada en el estado de la industria y de las oportunidades de mercado que existen en la actualidad, pero requiere un claro apoyo político de los gobiernos en todo el mundo, necesitamos un impulso masivo a las fuentes de energía renovables si hemos de eliminar los combustibles fósiles que amenazan nuestro clima"¹⁵.

Se entiende que existe un gran potencial de energías renovables que está listo para ser explotado. Sin embargo, su aprovechamiento comercial masivo está sujeto a una serie de factores:

- ✍ Investigación, desarrollo y aplicación de fuerte innovación tecnológica.

¹⁴ *Renewable Energy Scenario to 2040: half of the global energy supply from renewables in 2040*, European Renewables Energy Council (EREC), 2006

¹⁵ *La energía solar, una alternativa sostenible con un futuro prometedor*, en www.mundoenergía.com

- ✍ Ejecución de inversiones, por medio de ayudas y estímulos, en el campo de las energías renovables.
- ✍ Consideración de los beneficios ambientales, a la hora de hacer un balance realista de los verdaderos costos.
- ✍ Instrumentación de nuevos mecanismos regulatorios en el mercado de la energía.
- ✍ Costo de producción

Costo promedio Kwh (centavos dólar por Kw)*¹⁶	
Viento	4-7
Biogás	7-9
generación diésel remota	20-40
Fotovoltaica	20-50
ciclo combinado con gas	3-5

Según se aprecia en la tabla, todavía la mayoría de las fuentes renovables no compiten con las tradicionales en la producción de energía eléctrica. En esto influye el hecho de que en mayoría de los casos no son tecnologías maduras y no se consideran los costos ambientales y humanos del uso de combustibles fósiles, ni el costo de oportunidad que representa su utilización en la producción de energía. Incorporando estos elementos los datos de la tabla podrían sufrir un vuelco importante.

¹⁶ * www.solarbuzz.com/StatsCosts.htm

Energía hidroeléctrica

Esta fuente de energía y sobre todo las pequeñas centrales hidroeléctricas pueden jugar un papel determinante en la provisión de energía barata para las necesidades del desarrollo, especialmente en los países menos adelantados. En este sentido, cabe decir que mientras Europa está utilizando el 75% de su potencial hidroenergético, África solo aprovecha el 7%.

Productores**	TWh	Mundo
Canadá	338	12.4
Brasil	306	11.2
Estados Unidos	306	11.2
China	284	10.4
Rusia	158	5.8
Noruega	106	3.9
Japón	104	3.8
India	75	2.8
Francia	64	2.3
Venezuela	61	2.2
Resto del Mundo	924	34.0
Mundo	2726	100.0

Capacidad Instalada** ¹⁷	GW
Estados Unidos	94
Canadá	69
Brasil	65
China	58
Japón	46
Rusia	44
Noruega	28
India	27
Francia	25
Venezuela	13
Resto del Mundo	307
Mundo	776

La fuerza del agua se utiliza para generar energía a través de tres formas diferentes:

- ✍ Construcción de represas: implica la construcción de embalses de diferente tamaño donde se almacena agua, en la mayoría de los casos con doble propósito, para uso doméstico, industrial o agrícola y para la generación eléctrica. Los inconvenientes están asociados a su elevado costo financiero y ambiental. Es una fuente flexible y eficiente de energía.
- ✍ Almacenamiento mediante bombeo: involucra dos embalses a diferente altura. En las horas donde la oferta de energía eléctrica supera la demanda, el agua es bombeada hacia la represa superior. En el horario pico se deja fluir hacia la represa inferior para generar energía. Este

¹⁷** Key World Energy Statistics 2005, International Energy Agency (IEA).

mecanismo consume más energía de la que produce, pero contribuye a estabilizar los sistemas electroenergéticos, haciéndolos más eficientes.

- ✍ Corrientes de agua: se aprovecha la corriente de los ríos para la generación sin necesidad de construir reservorios. Es preferible desde el punto de vista ambiental. Los esquemas mini y micro usan este sistema. Además, por sus ventajas está siendo aplicado a grandes proyectos allí donde es posible.

Actualmente, se está expandiendo el uso de los sistemas de pequeña escala (menos de 10Mw) debido a sus ventajas ambientales, su bajo costo por kilowatt, su rápida ejecución, durabilidad y reducidos costos de mantenimiento. A esto se agrega el hecho de que constituyen una alternativa para la provisión de energía en zonas apartadas y de difícil acceso. Por lo cual es de atención especial para los países en desarrollo.

Energía Eólica

La tecnología utilizada en la generación de electricidad mediante el viento ha reducido su costo, al grado que actualmente producir un kilowatt cuesta entre 4 y 7 centavos de dólar, lo cual ya está muy cerca de los 3 centavos que cuesta generarla por los sistemas convencionales. Más aún, si sumamos los costos ambientales y los impactos en la salud que provocan los combustibles fósiles, la energía eólica sería mucho más barata, algo común para el resto de las energías renovables.

Principales productores de electricidad a partir del viento según capacidad instalada, 2004* ¹⁸	
País	Capacidad instalada (MWh)
Alemania	16 649
España	8 263
Estados Unidos	6 750
Dinamarca	3 083
India	3 000
Italia	1 261
Países Bajos	1 081
Japón	991
Reino Unido	881
China	769

Estado de la industria en el mundo:

- ✍ Emplea a alrededor de 120 000 personas
- ✍ Beneficios anuales de más de 12 mil millones de dólares
- ✍ Crecimiento más de un 30% promedio anual durante los últimos 8 años
- ✍ Satisface la demanda eléctrica de alrededor de 25 millones de hogares en el mundo
- ✍ Concentrada en Europa, que alberga más del 70% de la capacidad instalada total
- ✍ Más de 85 000 turbinas instaladas con más de 58 000 MW.

Energía solar

La energía solar podría proporcionar electricidad a más de mil millones de personas, creando unos 2 millones de empleos para 2020, y alcanzar el 26% de las necesidades energéticas mundiales para 2040, según EREC (European Renewables Energy Council)¹⁹.

El informe muestra que la solar tiene el potencial de hacer una gran contribución, tanto como alternativa segura para el suministro energético mundial como para ayudar a evitar el peligro del cambio climático. Es una meta realista y factible, basada en el estado de la industria y de las oportunidades de mercado que existen en la actualidad, pero requiere un fuerte apoyo político de los gobiernos en todo el

¹⁸ * Global Wind Energy Council, www.gwec.org

¹⁹ *Renewable Energy Scenario to 2040: half of the global energy supply from renewables in 2040*, European Renewables Energy Council (EREC), 2006

mundo. En el informe se demuestra que la energía solar es capaz de cubrir una gran parte de la demanda, y crear millones de empleos a escala mundial.

La Asociación Europea para la Industria Fotovoltaica (EPIA), que representa a 54 de las principales compañías solares europeas, se está adelantando a este reto dedicando grandes recursos al desarrollo de novedosas tecnologías capaces de aprovechar eficientemente la energía del Sol.

En el estudio se muestra que para 2020 la producción solar mundial podría ser de 276 Twh, lo que podría igualar el 30% de las necesidades de energía de África, o el 10% de la demanda de los países europeos de la OCDE, o el 1% de la demanda mundial. Esta energía reemplazaría a la producida por 75 nuevas centrales térmicas de carbón y evitaría la emisión de 664 millones de toneladas de dióxido de carbono. Adicionalmente, la infraestructura solar necesitaría una inversión de 75 mil millones de dólares al año

Para 2040, la producción solar mundial podría ser superior a 9.000 Twh, o el 26% de la demanda mundial esperada, que habría aumentado de 27.000 a 35.000 Twh. Esa producción supera la demanda combinada de los países europeos de la OCDE y de Norteamérica en 1998.

Estado de la industria solar fotovoltaica:

- ✍ La capacidad instalada creció un 39% en 2005 y llega a más de 5000 MW
- ✍ Ingresos de más de 1800 millones de dólares
- ✍ El principal mercado del mundo es Alemania y por regiones Europa

Biomasa

Las plantas acumulan energía a través de la fotosíntesis donde, alimentadas por la energía solar, separan las moléculas de bióxido de carbono, acumulando el carbono en forma de hidrocarburos y liberando el oxígeno.

Hay muchas clases distintas de combustibles de biomasa, desde la leña tradicional utilizada muy ineficientemente para cocinar, hasta los combustibles biológicos modernos muy complejos producidos a partir de biomasa cultivada con este fin. Los desechos agrícolas (como los residuos de origen animal) también pueden ser combustibles de biomasa.

En el proceso de producción de azúcar de caña el bagazo se puede aprovechar como fuente de energía. El bagazo es lo que queda una vez exprimida la caña, y resulta muy útil como combustible, forraje y material para construcción. Los centrales azucareros utilizan el bagazo como fuente de energía, para obtener calor. La tecnología moderna permitir aprovechar el bagazo con mucha más eficiencia, de modo que sobra mucho que se puede utilizar para generar electricidad mediante una central de combustión y generación de energía.

Aquí se puede combinar la producción de azúcar, energía eléctrica a partir del calor y etanol. En muchos países ya se está aprovechando esta posibilidad. Brasil es famoso por aprovechar parte de los productos del azúcar para producir alcohol que se utiliza en los automóviles. Tienen seis millones de coches que funcionan a partir de una mezcla de 25 por ciento de alcohol en la gasolina. Esto tiene la ventaja de que reduce la contaminación.

Hay diferentes formas de elaborar los combustibles de biomasa: por combustión, destilación, gasificación, fermentación, etcétera. Las limitaciones que enfrenta la biomasa son sobre todo la disponibilidad de tierras y que no haya competencia con los alimentos, así como los precios. Aunque no se toma en cuenta el costo del ciclo completo. Si se toman en cuenta los costos de exploración, extracción,

refinación, y los daños al medio ambiente, y se comparan con el costo de los combustibles de biomasa, estos resultan mucho más interesantes.

Etanol, principales productores en 2005 (millones de litros) ²⁰	
Brasil	14 300
Estados Unidos	13 200
China	3 785
India	1 892
Francia	757

²⁰ Bohemia Digital, 15 de junio de 2006, www.bohemia.cu

Eficiencia energética

Es muy posible que, a pesar de la incorporación de nuevas fuentes de energía y el incremento de las capacidades, esto no sea suficiente para cubrir las necesidades. Es necesario incorporar el comportamiento de la demanda, un aspecto del problema varias veces relegado.

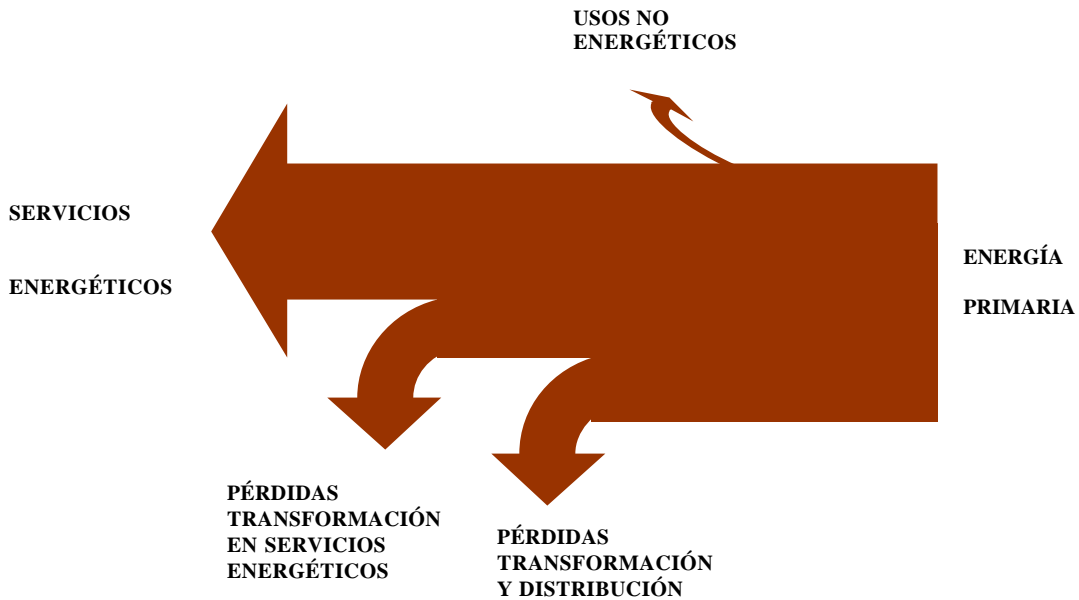
En este sentido cobra una importancia creciente el rol que puede jugar la disminución de la intensidad energética de las economías del mundo, o sea, el uso de energía primaria por unidad de PIB. Según un estudio del World Energy Council²¹ (WEC), desde 1990 hasta 2002 se ha verificado una reducción del 1,5% promedio anual en la intensidad energética a escala mundial, lo que equivale a un ahorro de 2100 millones de TPE. China, que tenía la mayor intensidad energética en 1980, es responsable de la cuarta parte de esta reducción.

En este proceso se combinan dos efectos fundamentales: el mejoramiento continuo de la eficiencia de los equipos industriales, los efectos electrodomésticos y los vehículos automotores y por otra parte, el cambio estructural en la economía. Esto es, un menor peso relativo de la industria, particularmente la pesada, frente a una mayor participación de los servicios, en general, menos intensivos desde el punto de vista energético. Se plantea que en el sector terciario se necesita siete veces menos energía que en la industria para producir una unidad de PIB.

A lo largo de toda la cadena de valor existen muchas reservas para optimizar el gasto energético, teniendo en cuenta que hasta el 30% de la oferta energética total se utiliza para transformar la energía primaria en secundaria. Una cuestión de especial relevancia que puede apreciarse en el siguiente diagrama. Actualmente se aplican algunas tecnologías que permiten la cogeneración (electricidad y calor) y la trigeneración (electricidad, calor y frío) con el objetivo de

²¹ *Energy Efficiencies: Pipe-dream or reality?*, World Energy Council, febrero 2006.

maximizar el aprovechamiento de la energía a lo largo de la cadena, a esto se añade el desarrollo de la arquitectura bioclimática.



Generación de electricidad

Las mayores posibilidades están asociadas con la sustitución de las viejas plantas con una eficiencia promedio del 30% por las más modernas que exhiben un aprovechamiento superior al 45%. Esta acción reduciría las emisiones de CO₂ en 1000 millones de toneladas, o el 4% de las emisiones actuales.

El uso del ciclo combinado en la generación eléctrica contribuye a mejorar el aprovechamiento del calor que se desprende en el proceso, esto puede elevar la eficiencia hasta un 60% comparado con el 40% de las plantas convencionales.

Transmisión y distribución

Aún en los más eficientes sistemas de transmisión y distribución de electricidad se producen pérdidas a lo largo de la cadena. Las pérdidas pueden ser de dos tipos:

técnicas, si tienen que ver con la conducción eléctrica a grandes distancias o de otro tipo asociadas a las conexiones ilegales a la red o el consumo no pagado por los consumidores.

A escala mundial las pérdidas promedio se ubican en un rango del 10% del total de la electricidad transmitida, pero en algunos países, estas pueden llegar hasta un 50%. Las que están vinculadas con los requerimientos técnicos tienen solución en la medida en que se introducen nuevas tecnologías y nuevos métodos de gestión. Sin embargo, otras están relacionadas con las conexiones clandestinas que requieren soluciones de otro tipo.

Adicionalmente, puede haber ganancias en la integración de los sistemas eléctricos al interior de los países y entre estos. Esto, debido a que se pueden aprovechar las diferencias de demanda para ajustar las cargas y redistribuir la potencia.

Transporte

En el sector del transporte los avances técnicos han permitido una mejoría en la eficiencia de un 25-30% desde 1973 según el WEC. En general se observa que el consumo de combustible en este sector crece menos que el PIB, sobre todo debido a las mejoras tecnológicas, los crecientes costos del combustible y los programas específicos orientados a reducir el consumo y mejorar la eficiencia, especialmente en las zonas urbanas.

Este progreso, se ha producido también como respuesta al shock petrolero de los años 70 y las medidas que se han tomado para reducir el impacto ambiental de la rama energética.

Programas vinculados al ahorro de energía

Se conoce que el 80% de los países a nivel mundial cuenta con programas nacionales dirigidos al ahorro de energía y a la mejoría de la eficiencia en su aprovechamiento. Aquí se incluyen planes con metas específicas para las emisiones de CO₂ o de promoción de las fuentes renovables de energía.

Las principales razones para adoptar este tipo de planes son en primer lugar el cambio climático, las restricciones de recursos para invertir en nuevas capacidades, especialmente en los países en desarrollo y por último el agotamiento en perspectiva de los combustibles fósiles.

En los últimos años, se han puesto en práctica políticas activas para contribuir a reducir el consumo energético y elevar la eficiencia en el uso de las fuentes de energía. De acuerdo al WEC estos programas se pueden agrupar según objetivos específicos en: establecimiento de estándares de consumo para los equipos y efectos electrodomésticos, esquemas de financiamientos para programas dirigidos a mejorar la eficiencia energética, acuerdos de diverso tipo con grandes consumidores de energía y la difusión de pequeños centros en las comunidades para brindar información relativa a estos temas.

Aunque el establecimiento de precios adecuados es el eje central de cualquier política cuyo fin sea el ahorro de energía, es un hecho real que por esta vía se puede limitar el acceso de las familias con menos recursos.

Escenarios proyectados por el Consejo Europeo para las Fuentes Renovables de Energía

Con la finalidad de ilustrar los resultados que pueden obtenerse mediante el enfoque de introducir cada vez más las fuentes renovables en la satisfacción de la demanda de servicios energéticos, se muestra a continuación una Tabla Resumen con dos Escenarios proyectados por el Consejo Europeo para las Fuentes Renovables de Energía, cuyas cifras de participación de dichas fuentes en Europa para el año 2040 fueron obtenidas de una presentación realizada por el Presidente de dicho Consejo durante la Conferencia Renovables 2004 que tuvo lugar en Bonn, en junio de ese año.

Tabla Resumen²²

Dos Escenarios del Consumo Mundial de Portadores Energéticos Primarios en años seleccionados (Millones de tep)			
Escenarios/Fuentes/%	2001	2020	2040
<u>1-Política Internacional Avanzada</u>			
Consumo Mundial Portadores Primarios (*)	10038,3	11425,0	13310,0
De ello: Biomasa	1080,0	1791,0	3271,0
Otras Fuentes Renovables	284,5	903,4	3080,0
% Total de Fuentes Renovables	13,6	23,6	47,7
<u>2-Políticas Actuales Dinámicas</u>			
Consumo Mundial Portadores Primarios	10038,3	13553,0	17690,0
De ello: Biomasa	1080,0	1653,0	2843,0
Otras Fuentes Renovables	284,5	671,4	2001,0
% Total de Fuentes Renovables	13,6	17,1	27,4

(*) Las cifras del Consumo Mundial de Portadores Primarios en este Escenario, corresponden a una proyección del IIASA.

Por supuesto que los Escenarios referidos cuentan con una apertura detallada y el desglose, con la debida fundamentación, de las fuentes que participarán en la satisfacción de la demanda proyectada para los años seleccionados. Se puede observar también el destacado papel que corresponde a la biomasa, que aún dentro de 35 años representaría más de la mitad de la oferta total de las fuentes renovables de energía en la satisfacción del consumo mundial de portadores

²² Los datos de la Tabla fueron obtenidos de la presentación en Power Point ofrecida por al Dr. Arthouros Zervos, Presidente del European Renewables Energy Council, en una sesión conjunta WWF-EREC-Greenpeace, que tuvo lugar en Bonn, en junio 2004, en paralelo con la Conferencia Internacional Renewables 2004, celebrada en aquella ciudad alemana.

primarios para ambos Escenarios, a pesar de que el aporte de las fuentes renovables es bastante diferente en los dos casos considerados (en el Escenario 1, la contribución de las renovables es 31 % mayor que en el 2, en términos absolutos).

Porcentualmente, la participación de las fuentes renovables más que se triplica en el primer escenario resumido (Política Internacional Avanzada), mientras que en el otro caso (Políticas Actuales Dinámicas) no alcanza a duplicarse; pero también debe tenerse en cuenta que el consumo mundial estimado para el segundo de ellos es casi 33 % superior al del primero.

Pasos hacia una Sociedad de 2000 Watt²³

En 1998, el Buró de los Institutos Federales de Tecnología de Suiza propuso alcanzar en cinco décadas la visión de una “Sociedad de 2000 Watt”, cifra que representa una demanda per cápita de energía igual a un tercio de la demanda promedio actual por habitante en Europa.

Aunque esa visión resulta consistente con los planteamientos del Tercer Informe Evaluativo del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC en inglés), porque representa la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero hasta una tercera parte de las actuales, una primera duda que debe ser resuelta es la de la factibilidad técnica de esa reducción, además de sus consecuencias económicas y de su aceptabilidad política.

Evitar los impactos económicos y sociales del cambio climático es sólo uno de los retos del empleo más eficiente de los portadores energéticos y los materiales; también debe tenerse en cuenta que durante las próximas décadas tendrá lugar el máximo en la producción de petróleo y que su extracción futura se concentrará de

²³ La información que se presenta en este epígrafe fue extraída y traducida por JTM de (Novatlantis 2004).

nuevo en el Medio Oriente, donde están situados dos tercios de los recursos petroleros restantes en el planeta.

Por otra parte, esa reducción en la demanda per cápita de energía primaria, suponiendo además que el PIB per cápita se duplicará durante los próximos 50 años, significa mejorar la eficiencia en el empleo de la energía primaria en 4-5 veces, aún incluyendo la presencia de cambios estructurales hacia actividades económicas y hábitos de consumo con menor intensidad energética.

Un grupo de investigadores asumió la tarea de analizar las consecuencias fundamentales de tratar de alcanzar y materializar esa visión, teniendo en cuenta que se necesitan nuevos desarrollos científico-técnicos referidos a la elevación de la eficiencia con que se emplean la energía y los materiales para llevarla a la práctica y concluyó que, aunque el reto es formidable, puede ser superado mediante una combinación de tecnologías completamente nuevas con medidas empresariales y organizacionales dirigidas a ese objetivo.

Se celebró un taller internacional en septiembre de 2002 para analizar la problemática, donde se logró reunir una buena cantidad de opiniones, sugerencias y otros aportes diversos encaminados a evaluar y superar los retos que enfrentará la humanidad durante el presente siglo XXI, concluyéndose que es necesario poner en práctica de inmediato las acciones requeridas, sobre todo en cuanto a las actividades en I+D+D y a las políticas para elevar la eficiencia en el empleo de la energía y los materiales.

Durante el taller y los estudios preliminares llevados a cabo seguidamente, se arribó a cuatro conclusiones de interés que se resumen a continuación:

1. Resulta imprescindible reemplazar o modernizar por completo los activos (incluyendo los edificios y las viviendas) y la infraestructura existentes en las países industrializados, al menos una vez durante los cincuenta años del

proceso, invirtiendo en nuevas tecnologías con alta eficiencia y elevando sustancialmente la eficiencia en el empleo de la energía y los materiales.

2. Consecuentemente con lo anterior, las investigaciones energéticas deben incluir el ciclo completo de la energía, sobre todo los dispositivos de conversión final que brindan los servicios energéticos requeridos por la humanidad.
3. Para reducir la demanda actual de energía en dos tercios, se requiere modificar incluso los hábitos diarios y los estilos de vida de las personas y su comportamiento en la industria, en el hogar, en la calle, etc.
4. Por último, la transición hacia una sociedad de 2000 Watt exige la participación de un sistema de innovación completamente diferente, del que formarán parte la educación, la política de investigación, los incentivos, etc.; dicho sistema requerirá ser mejorado, evaluado y completado de manera continua y permanente durante las próximas décadas, como parte de la política dirigida a un desarrollo sustentable.

El documento termina analizando con mayor grado de detalle los diferentes sistemas que harán posible la reducción de la demanda per cápita señalada, en todas las actividades de la sociedad. Para ejemplificarlo, incluimos algunos comentarios sobre el transporte y los sistemas electroenergéticos, que pudieran servir para ilustrar los cambios a los que nos enfrentaremos:

- ✍ En lo que se refiere a la transportación de cargas y pasajeros, no sólo intervendrán las celdas de combustible y los supercapacitores con nuevos motores eléctricos menos consumidores de energía, sino también jugarán un papel crucial los frenos recuperadores, los materiales más ligeros y resistentes, el transporte multimodal y las técnicas automáticas para gestionar el tránsito, así como también ferrocarriles más eficientes y veloces que sustituirán el tráfico aéreo en cortas distancias, etc.
- ✍ Con respecto a la generación y transmisión de energía eléctrica, además de introducir las fuentes solares intermitentes (viento, luz solar, olas, corrientes marinas, etc.), el esquema tradicional de la generación en grandes

instalaciones centralizadas para luego transmitir y distribuir la electricidad hacia los consumidores mediante las redes operadas por los centros de despacho, todo en una sola dirección, será sustituido por un sistema mucho más complejo pero también más eficiente, a partir de la electrónica de potencia interactuando con nuevos dispositivos de bajo consumo, muchos puntos de generación con pequeñas potencias muy cerca de los consumidores, todos enviando y recibiendo energía en múltiples voltajes y enlazados mediante redes de dos direcciones, capaces de aprovechar al máximo la generación en todos los lugares donde ésta se produzca.

En síntesis, la sociedad de 2000 Watt per cápita es posible, deseable y factible técnicamente, al mismo tiempo que logra proporcionar energía a todos de manera sustentable y sin agredir al entorno; “sólo” es necesario para alcanzarla modernizar las infraestructuras, desarrollar nuevas tecnologías y modificar sustancialmente nuestros hábitos, estilos de vida y nuestro comportamiento diario, para acomodarlos a las necesidades del hombre partiendo de los recursos que posee el planeta y de la conservación del hábitat que requerimos para mantener viva la especie.

A continuación se muestran los diagramas de flujo energético de Suiza para los años 2000 (Real) y 2050 (Estimado), para ilustrar el significado de esa política.

DIAGRAMA DE FLUJO ENERGÉTICO AÑO 2000 (SUIZA REAL)

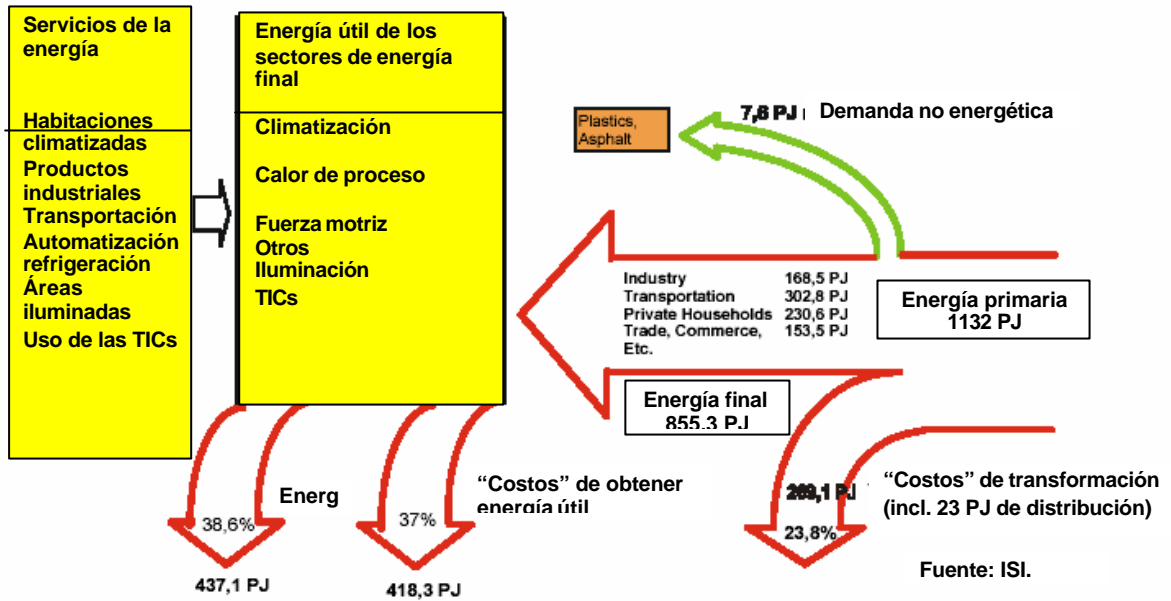
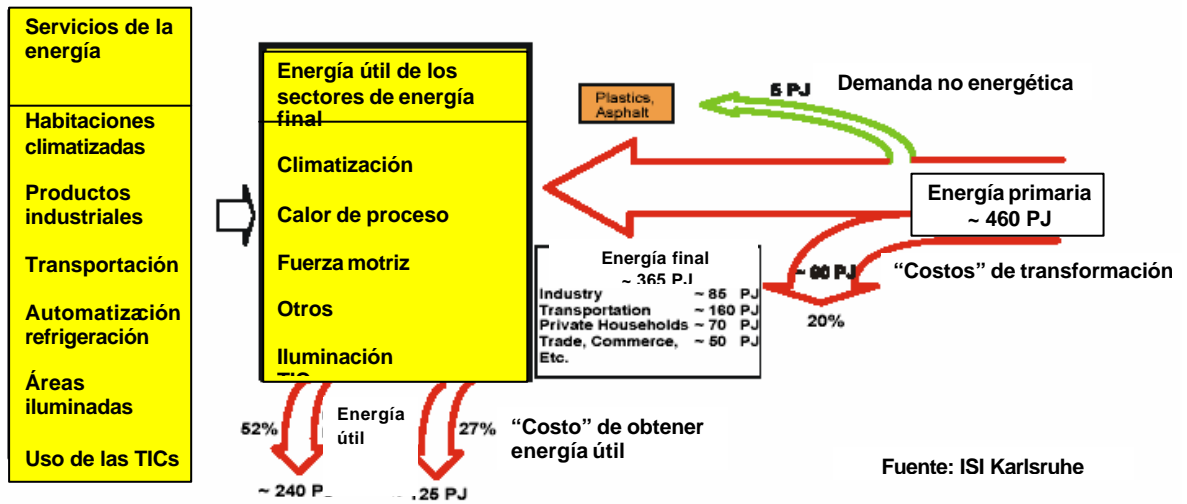


DIAGRAMA DE FLUJO ENERGETICO AÑO 2050 (SUIZA ESTIMADO)



Consideraciones finales

Los altos precios del petróleo han puesto de manifiesto como nunca antes la extrema dependencia y vulnerabilidad del modelo de desarrollo actual basado en los combustibles fósiles. Estos precios son el resultado de una serie de factores entre los cuales se puede citar la escasez relativa de estas fuentes, su agotamiento inevitable, la inexistencia de sustitutos en el corto plazo (causa rigidez en la demanda) y altos impuestos en los mayores países consumidores. Causa alarma en el mundo la posibilidad de brotes inflacionarios en los países centrales y las medidas restrictivas en el plano monetario que esto pueda conllevar: incremento de las tasas de interés, restricción del crédito y ralentización del crecimiento económico.

Solo esta posibilidad y la dependencia de los países desarrollados de las fuentes tradicionales son capaces de renovar el interés por el desarrollo de alternativas, más viables ecológica pero opacadas durante mucho tiempo.

Para garantizar un suministro estable y seguro de energía, que responda al desarrollo futuro de todos los países es necesario combinar acciones en los dos lados del problema: oferta y demanda. Se hace cada vez más evidente el hecho de que las fuentes tradicionales están cada vez más separadas de los principales consumidores, por lo cual es de esperar un incremento paulatino del comercio de combustibles de todo tipo. En ese sentido las economías más dependientes serían en extremo vulnerables ante cualquier interrupción de la cadena de suministros. Este elemento constituye un aspecto relevante a la hora de comprender la actuación en el campo geopolítico de las grandes potencias para asegurarse un suministro estable.

Los modelos actuales de producción de energía son extremadamente dependientes del factor escala, debido a las características técnicas inherentes a la utilización de combustibles fósiles. Como regla general se concentran los

grandes centros de producción alrededor de los núcleos de demanda para disminuir las pérdidas en el transporte y la transmisión. Sin embargo, en un sistema basado en las fuentes renovables la generación estará necesariamente descentralizada y el sistema será más flexible para asimilar una amplia gama de fuentes de suministro.

LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA EN CUBA: UNA OPCIÓN HACIA LA SUSTENTABILIDAD

Introducción

Las dificultades resultantes de la crisis económica producida en Cuba por la desintegración de la URSS y el CAME, influyeron de forma determinante en las acciones emprendidas en la esfera energética, que tuvieron como objetivo lograr su recuperación económica y tecnológica (saneamiento financiero, redimensionamiento empresarial e incorporación de nuevos actores, nacionales y en especial extranjeros, así como nuevas concepciones en el desarrollo estratégico junto al énfasis en el ahorro y la elevación de la eficiencia como importante fuente de financiamiento fresco); dichas transformaciones, si bien no implicaron cambios significativos en la estructura y modalidad de coordinación de la esfera, sí significaron una gestión y operación más flexibles de la misma.

La crisis en el suministro de petróleo a la economía nacional repercutió en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos en cuanto a dicho suministro, el impacto sobre el resto de las empresas fue aún más severo. Esa situación obligó a la dirección del país a tomar diversas medidas y acciones para enfrentar esa crisis, cuyo alcance ha sido nacional y sectorial.

El presente trabajo comienza describiendo la evolución de los indicadores esenciales de la esfera energética nacional durante el período posterior a 1990, a la vez que caracteriza las acciones y políticas vinculadas con las transformaciones ocurridas en la misma hasta el año 2006 y destaca un conjunto de oportunidades que deben tenerse en cuenta para el desarrollo prospectivo de la esfera.

Oferta de portadores primarios de energía

Durante el período comprendido entre 1989 y 1999 la estructura de la oferta de fuentes de energía sufrió cambios considerables, sobre todo en cuanto a la participación de las fuentes primarias nacionales y a la variación, hacia el interior de las importaciones, del peso relativo entre el petróleo crudo y sus derivados; tales cambios fueron consecuencia del rotundo incremento en la producción de petróleo que se obtuvo durante ese período.

Figura 1



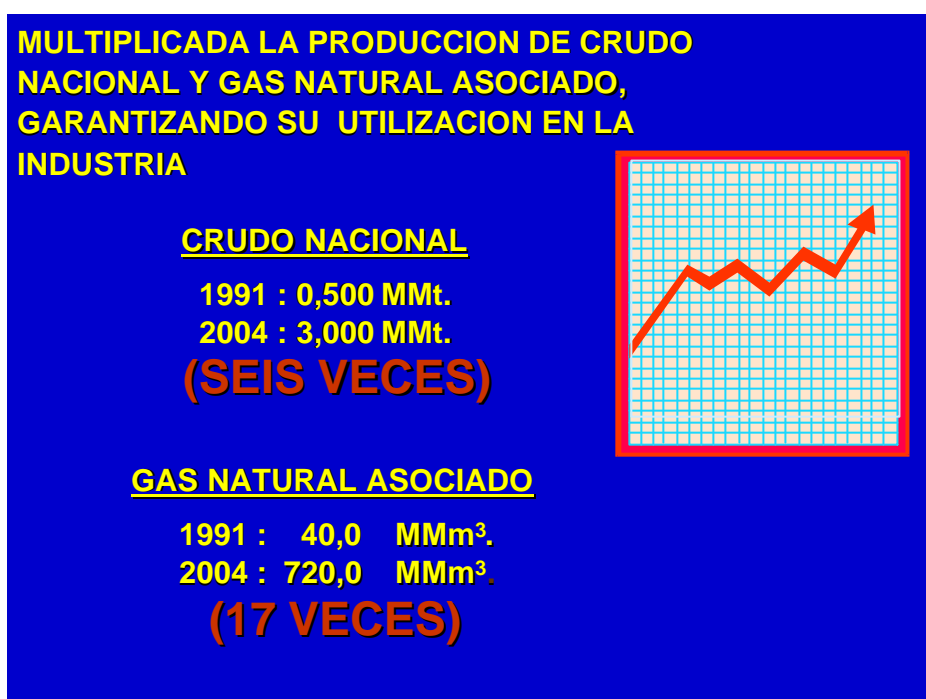
Fuente: Ing. Manuel Marrero Faz, Asesor Principal para el petróleo del MINBAS²⁴

Un elemento nuevo que surgió a partir de 1990 es la inversión extranjera que interviene en la exploración y extracción del petróleo crudo nacional, cuya proporción en la oferta aumentó de manera notable en el período, ya que en el año 2000 se produjeron 2 millones 695 mil toneladas, con 475 pozos en explotación (Cuba Petróleo, 2000), lo cual más que triplica su participación en el total de portadores primarios de energía entre 1989 y 1999. Dicho incremento en

²⁴ Presentación Especial a la Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, 5-abr-2005.

la disponibilidad del crudo nacional significó un ahorro aproximado de más de 60 millones de dólares, teniendo en cuenta solamente el año 1999, debido a la diferencia de precios entre el crudo cubano y el fuel oil importado. Sólo considerando la generación de electricidad en las plantas térmicas de la Unión Eléctrica, esa sustitución representó un ahorro ascendente a más de 250 millones de dólares, entre 1989 y 1999 (Marcos Portal, 2000).

Figura 2



Fuente: Ing. Manuel Marrero Faz, Asesor Principal para el petróleo del MINBAS, Ibídem

A partir del petróleo crudo nacional se generó en el año 2000, 51% de la electricidad en las plantas térmicas de la Unión Eléctrica (en 1989 el crudo apenas generó 1% de la energía eléctrica producida en dichas plantas); por otra parte, la participación del crudo cubano como combustible en la producción de cemento pasó, de 9% en 1989, a 97% en 1999.

Las proporciones del petróleo crudo nacional y del gas natural asociado en la estructura del consumo de hidrocarburos en Cuba, se han modificado

incrementalmente, aunque mayores aumentos dependerían de aportes exitosos en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) en la que ya se trabaja con participación extranjera.

Figura 3



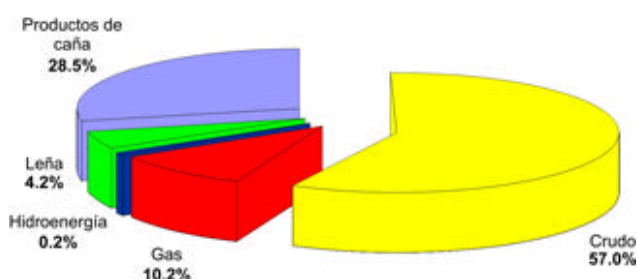
Fuente: Ing. Manuel Marrero Faz, Asesor Principal para el petróleo del MINBAS, Ibídem

En el año 2004, la electricidad generada con fuentes nacionales de energía continuó en ascenso, siendo el petróleo crudo cubano, el bagazo y el gas natural asociado (la generación producida con este último combustible aparece bajo el rubro turbinas de gas en la Figura 4, con 12 % de la total del país ese año) los portadores de mayor participación, aunque también comienzan a generar otras fuentes renovables como la electricidad eólica (en este caso, la producida en el parque experimental instalado en la Isla de Turiguanó desde 1999, con una potencia algo inferior a los 500 kiloWatt).

En cuanto a la oferta de portadores nacionales, la Figura 5 ilustra su estructura en el año 2004, con el petróleo crudo nacional cubriendo 57 % de la demanda total y la biomasa cañera por debajo de 29 %, mientras el gas natural asociado ocupa el tercer lugar con algo más de 10 % y la leña alcanza poco más de 4%, con la hidroenergía por debajo de 1 %; esa estructura subraya la dependencia del petróleo en la economía cubana, ya que casi 70 % de la oferta de fuentes nacionales de energía son hidrocarburos no renovables y menos de 33 % de dicha oferta está constituida por fuentes renovables de energía, la mayor parte de ellas procedentes de la caña, a pesar de las notables reducciones experimentadas en la producción de ese cultivo.

Figura 5 Oferta nacional de energía primaria en miles de ton equiv. a petróleo

Año 2004: 6 107 Mtep en total



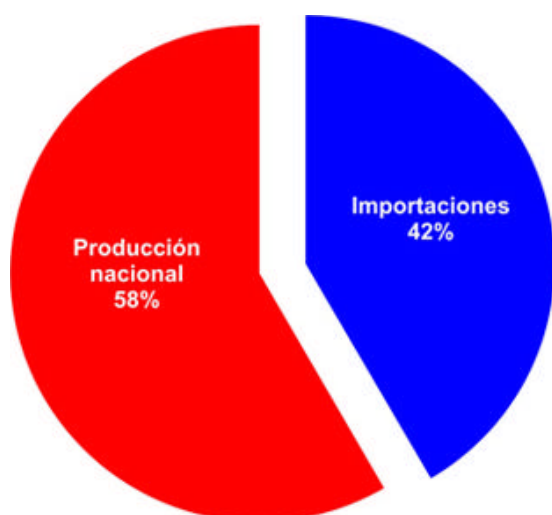
Fuente: Página Web Cubaenergía

En cuanto a la importación de hidrocarburos, el aspecto más significativo es el cambio estructural de la participación entre el petróleo crudo y sus derivados ocurrido en el período: si en 1989 las importaciones netas de petróleo crudo representaron 43% de la oferta de fuentes de energía y los derivados 22,5%, en 1999 la situación era totalmente diferente: la importación de derivados aportaba 46% de la oferta, mientras la del crudo sólo representaba 12%. Esta situación refuerza la necesidad de reducir la demanda de hidrocarburos, como una vía ineludible para respaldar la independencia del país.

Los acuerdos establecidos con Venezuela²⁵ contribuirán a mejorar la situación y a través de un esquema de financiamiento con firmas extranjeras se prevé incrementar la refinación con las capacidades nacionales existentes. El consumo de petróleo y derivados de Cuba en el año 2000 fue cercano a los 8 millones 600 mil toneladas (Bohemia, 2001), por lo que los 2,5 millones de toneladas provenientes de Venezuela representarán 29% del consumo cubano; pero si se tiene en cuenta que sólo una quinta parte de la oferta venezolana, 500 mil toneladas, brinda facilidades de pago para el país, entonces el impacto financiero se hará sentir directamente en 5,8% del total consumido por Cuba.

Figura 6 Oferta total de fuentes de energía: producción nacional de fuentes primarias más importaciones, en miles de ton equiv a petróleo (Mtep)

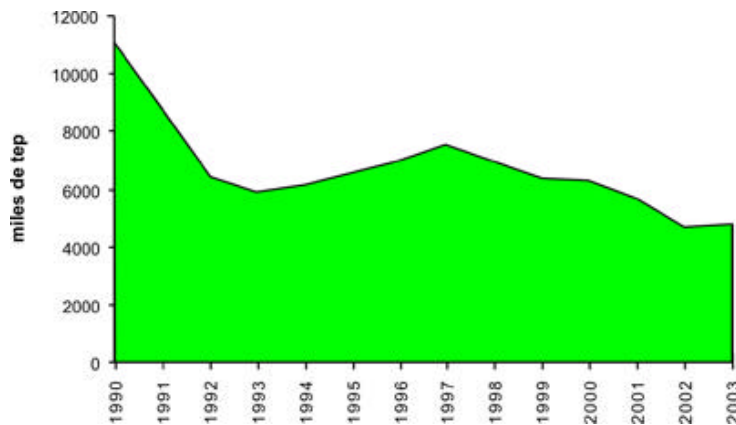
Año 2003: Total 11 381 Mtep



Fuente: Página Web Cubaenergía

²⁵ El acuerdo, beneficioso para ambas partes, establece la venta a Cuba de 53 000 barriles diarios de petróleo (2,5 millones de toneladas anuales). El 80% de los suministros, Cuba los pagará a precios del mercado mundial y en los 90 días posteriores a la entrega. El plazo de pago para el 20% restante podrá estar entre 5 y 20 años, en dependencia del precio promedio anual que alcance el petróleo y Cuba pagará esa quinta parte con la exportación de bienes y servicios necesarios para el programa de desarrollo socioeconómico de Venezuela.

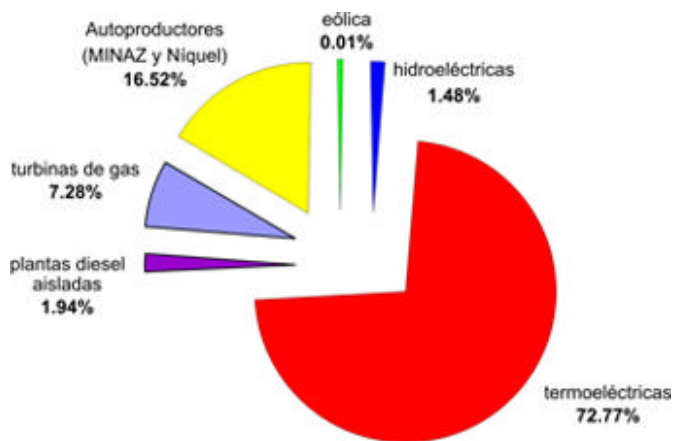
Figura 7 Importaciones totales de fuentes de energía, en miles de toneladas equivalentes a petróleo (Mtep)



Fuente: Página Web Cubaenergía

Figura 8 Capacidad de generación eléctrica instalada en Megawatt (MW)

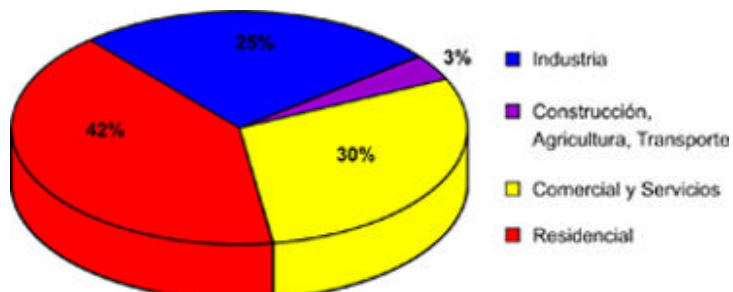
Año 2004: total 3958 MW



Fuente: Página Web Cubaenergía

Figura 9 Consumo de electricidad en GigaWatt.hora (GWh)

Año 2003: total 12 431 GWh

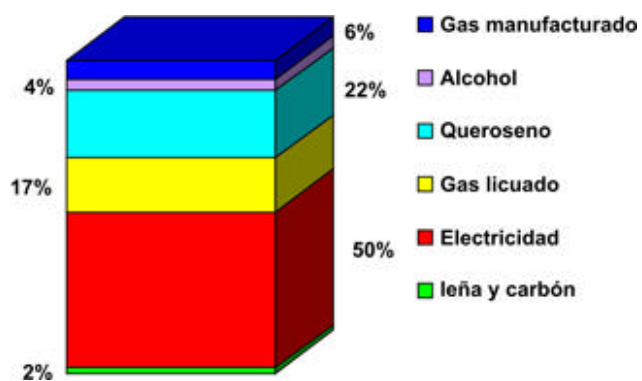


Fuente: Página Web Cubaenergía

Figura 10 Consumo de portadores en el sector residencial,

en miles de toneladas equivalentes a petróleo (Mtep)

Año 2003: total 833 Mtep



Fuente: Página Web Cubaenergía

Figura 11 Dispositivos con fuentes renovables de energía existentes en el Sector Estatal, año 2004



Fuente: Página Web Cubaenergía

El Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y sus afectaciones durante el período

Como resulta ampliamente conocido, el petróleo crudo nacional fue utilizado en su mayor parte para generar electricidad en las centrales termoeléctricas del SEN y ello produjo determinadas afectaciones a sus tecnologías y componentes por el alto contenido de azufre, alta viscosidad y otros inconvenientes técnicos que presenta dicho combustible.

Todo ello, unido a la edad promedio de esas instalaciones (alrededor de 70 % de ellas posee más de 20 años continuados de explotación), trajo como consecuencia situaciones frecuentes de averías en algunas de sus mayores unidades durante el período 2004-2005 (por ejemplo, en la CTE Lidio Ramón ocurrieron averías superiores a 3 meses y medio y en la CTE Antonio Guiteras, de más de seis meses), lo que a su vez provocó demoras y posposiciones en los mantenimientos programados a otras unidades del Sistema y el resultado neto de esas

afectaciones fue la presencia constante de grandes “apagones” por falta de capacidad disponible en ese período.

La dirección del país participó directamente en el análisis público de esa problemática y se puso en práctica un estudio multifactorial de su solución, enfatizando ante todo en el ahorro y la elevación de la eficiencia como vías fundamentales para resolverla. Recuérdese que el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía aprobado en 1993 había destacado el papel de la eficiencia como la primera fuente nacional de energía, aunque con posterioridad a eso las acciones en esa dirección estuvieron muy limitadas por falta de financiamiento y de sistematicidad.

Sin embargo, durante el año 2001 se electrificaron más de dos mil escuelas primarias rurales no conectadas al SEN mediante paneles fotovoltaicos, junto a otros objetivos en las montañas como Casas del Médico de la Familia, Círculos Sociales, Hospitales y otros, porque se demostró que era más barato hacerlo por esa vía que extendiendo el SEN hasta esos lugares.

Ahora se puso énfasis en la sustitución de combustibles fósiles (sobre todo, los dedicados a la cocción de alimentos, como el queroseno y el GLP) por electricidad, la reducción de las pérdidas de transmisión y distribución, más la modernización de electrodomésticos ineficientes (dotados de tecnologías atrasadas, muy consumidoras de energía y que casi siempre fueron construidos artesanalmente), todo ello unido a medidas drásticas para una rápida elevación de la capacidad de generación disponible mediante los grupos electrógenos.

La Revolución Energética y sus acciones presentes

La Revolución Energética es un conjunto de acciones estratégicas dirigidas a resolver la crítica situación del SEN, garantizando además:

- ✍ la elevación de la eficiencia y la desconcentración en la generación de electricidad mediante la instalación de grupos electrógenos en diversos puntos del país, en tres niveles diferentes (emergencias, semi-pico y base), que funcionan con alta eficiencia a partir de fuel-oil o combustible diesel;
- ✍ una menor afectación ante averías o interrupciones en el SEN, así como una mejor preparación para enfrentar desastres, huracanes y otros eventos severos;
- ✍ la introducción de nuevas fuentes renovables como la electricidad eólica y otras variantes de la energía solar cuya utilización se investiga;
- ✍ la continuación de las medidas “del lado de la demanda” para ahorrar portadores de energía y elevar aun más la eficiencia general de su empleo.

Al mismo tiempo, sobre todo el MINBAS y el SIME concentran sus esfuerzos en un conjunto de tareas encaminadas a fortalecer los resultados de esas acciones mediante la fabricación nacional de componentes, agregados y equipos eficientes, tanto para la transformación de los portadores energéticos como para su uso final y su conversión en servicios energéticos con menores gastos para el país. También participan, en éstas y otras tareas, los medios de difusión masiva, los dos Ministerios de Educación a todos los niveles y, en general, toda la sociedad, colaborando a elevar la conciencia popular en estos temas y la Educación General Integral de todo el pueblo cubano.

La Revolución Energética y sus opciones estratégicas

Los grupos electrógenos representan con toda probabilidad la única vía para resolver a corto plazo la crítica situación que experimentaba el SEN a mediados

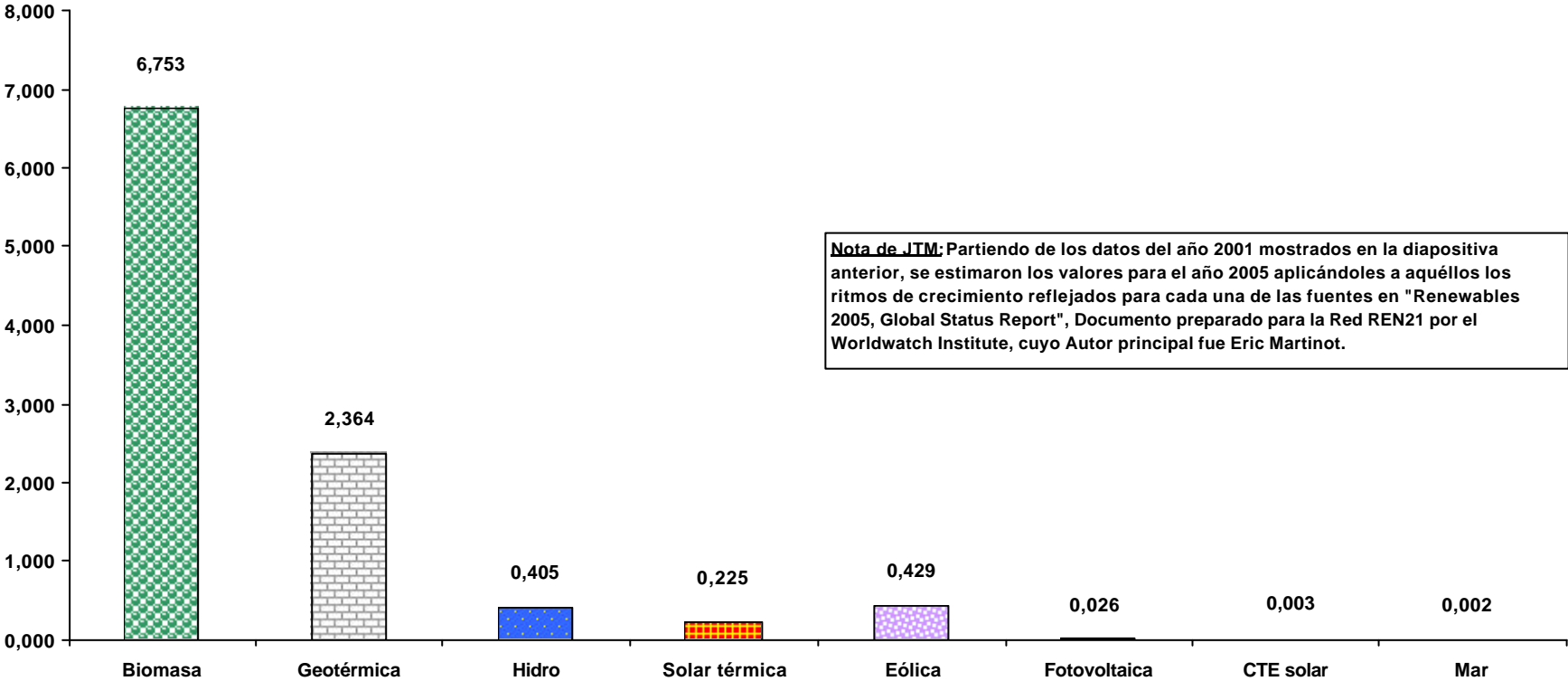
del año 2005, aunque su operación se basa en combustibles fósiles que en la perspectiva se encarecerán y escasearán en última instancia - a medida que se acerque su agotamiento- , con independencia de la contaminación atmosférica que ocasionan cuando se queman.

Por lo tanto, parece lógico trabajar desde ahora en las opciones existentes y en desarrollo para la eventual sustitución de dichos combustibles por tecnologías más avanzadas y eficientes, basadas en fuentes renovables de energía. Entre los candidatos más favorables de las primeras están las turbinas de gas, en ciclo directo y combinado, alimentadas con biomasa gasificada, así como las celdas de combustible que funcionen con hidrógeno de origen renovable y entre las fuentes, junto a la electricidad eólica, deben estar la biomasa, los biocombustibles, la electricidad fotovoltaica y la energía marina.

La Figura 12 muestra gráficamente la participación actual de las llamadas fuentes nuevas y renovables de energía - que aportan alrededor de 2 % del total- en el consumo mundial de energía primaria, ilustrando la situación estimada en el año 2005; los valores fueron estimados por el autor, partiendo de las cifras correspondientes al año 2001 recogidas en WEA Overview 2004 Update, aumentadas según los ritmos de incremento promedio anual reflejados en REN21 Global Status Report 2005 para cada una de las fuentes.

Figura 12

**NUEVAS RENOVABLES POR FUENTE, ESTIMADO 2005
(TOTAL: 10,2 EXAJOULES)**



En la Figura 12 se observa que la biomasa moderna representa más de 67 % del aporte total de las fuentes renovables de energía actualmente, lo que pone de manifiesto la enorme importancia de esa fuente energética y explica al mismo tiempo su ritmo de incremento relativamente “lento”, cuando se le compara con el de otras fuentes renovables que experimentan crecimientos “explosivos”, entre otras razones, por su ínfimo nivel de partida. Debe tenerse en cuenta además que la biomasa es capaz de generar electricidad “despachable”, a diferencia de las fuentes intermitentes (como la eólica y la fotovoltaica, por ejemplo) cuyo factor de carga promedio anual con frecuencia es inferior a 30 %, lo que incorpora una ventaja económica adicional para la primera, porque su capacidad instalada puede aprovecharse mucho más.

En general, cada kiloWatt instalado que funcione con fuentes renovables intermitentes, producirá en promedio la mitad o menos de la electricidad capaz de generar un kiloWatt instalado para utilizar biomasa, geotermia, el gradiente térmico oceánico o, en síntesis, cualquier fuente renovable *despachable*.

En el caso particular de Cuba, la biomasa cañera es la primera fuente renovable para generar electricidad y alcohol en grandes cantidades (así caracterizada en el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía de 1993), aunque su empleo estuvo problematizado después de 1990 por las reducciones constantes en la producción de caña, cuyos valores alcanzaron mínimos comparables con la etapa prerrevolucionaria, o incluso con los del período seudorrepblicano.

Sin embargo, a finales de 2005 y durante el primer semestre del actual 2006, los precios del azúcar se han estabilizado “al alza”, aparentemente arrastrados por la demanda de etanol y vinculados también ambos precios, de manera compleja, con la espiral alcista del petróleo y otros factores coyunturales.

Esa inflexión de los precios ha renovado el interés por la caña y ello pudiera iniciar su recuperación agrícola, lo que sugiere reevaluar sus ventajas como cultivo energético a fin de sustituir petróleo para evitar sus elevados costos, así como las perniciosas emisiones de gases de efecto invernadero al sustituirlo

con fuentes renovables, tanto para generar electricidad con el bagazo y los RAC combustibles, como usando el etanol para los vehículos automotores.

Transitar hacia la Energética Sustentable puede convertirse en el objetivo estratégico de la Revolución Energética en Cuba

Como se conoce, la Revolución Energética en Cuba evita al país el gasto de millones de dólares cada año por la vía del ahorro y la elevación de la eficiencia en el empleo de los portadores energéticos, aunque todavía una parte de ese beneficio debe ser invertida en la compra de combustibles fósiles para la generación de electricidad en los grupos electrógenos que funcionan con diesel y fuel oil, así como en el transporte (actividad que deberá crecer inexorablemente porque está muy deprimida y no satisface la demanda de la población) que consume gasolina y diesel fundamentalmente, al mismo tiempo que se contamina el ambiente con los GEI emitidos por dichos combustibles cuando se utilizan.

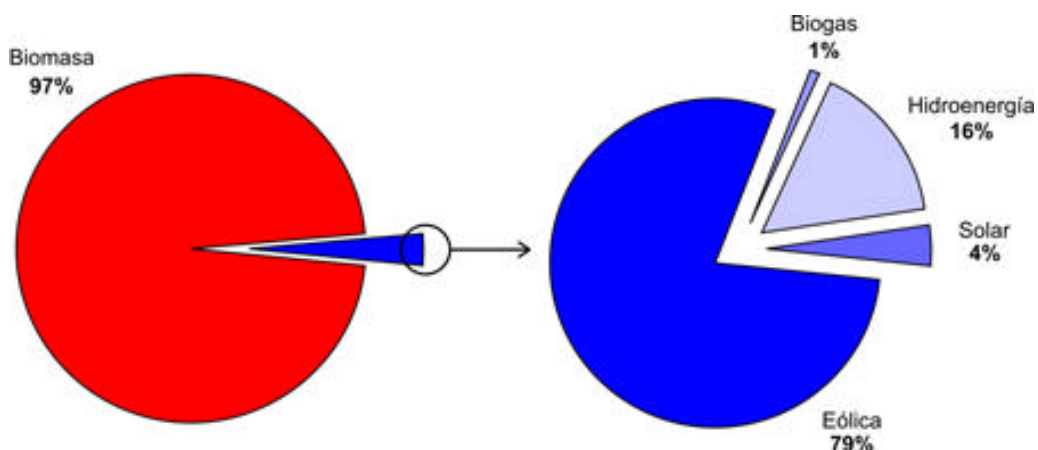
Entonces resulta crucial la sustitución de los fósiles por las fuentes renovables de energía, únicas virtualmente inagotables y que no contaminan el entorno cuando producen los servicios energéticos que el hombre necesita.

En Cuba ya hemos utilizado y demostrado las ventajas de todo tipo que avalan el empleo de la electricidad fotovoltaica, las mini y las micro hidroeléctricas; además, estamos avanzando con rapidez en la electricidad eólica, mientras la generación de electricidad con biomasa cañera se utiliza desde hace casi un siglo, aunque en este último caso, la ínfima eficiencia de las tecnologías utilizadas no permite recibir todos los beneficios de su aprovechamiento.

El cambio tecnológico requerido en la agroindustria azucarera para aprovechar la biomasa cañera con la máxima eficiencia posible puede, de hecho, ser financiado con una parte de los ahorros producidos por la Revolución Energética y, de esa manera, no solo se potencia dicha Revolución, sino que se consolida un futuro en el que los hidrocarburos podrán dedicarse por completo a producir bienes indispensables para la sociedad como plásticos,

grasas y lubricantes, pinturas, tintas, solventes, caucho sintético, y tantos otros productos sofisticados, así como también calzado, tejidos y otros más, mientras los portadores energéticos requeridos se obtienen todos a partir del flujo solar, renovable e inagotable y que no contamina el entorno cuando es aprovechado.

Figura 13 Participación de las fuentes renovables en el año 2004, en miles de toneladas equivalentes a petróleo (Mtep)



Fuente: Página Web Cubaenergía

Conclusiones

1. La oferta de portadores primarios de energía en Cuba sufrió una profunda crisis después de 1990, que sólo con posterioridad al año 2000 ha sido resuelta en principio, pero todavía existen esferas como el transporte que no se han recuperado del todo.
2. El SEN, una de las conquistas de la Revolución que merece ser preservada, sufrió una crisis especialmente aguda durante los años 2003, 2004 y 2005, cuya solución dio lugar a cambios conceptuales radicales en su estructura y en la dirección de su desarrollo prospectivo, que forman parte esencial de la Revolución Energética en Cuba cuyo nombre caracteriza el año 2006.
3. El ahorro, la elevación de la eficiencia y las medidas del lado de la demanda, que habían sido distinguidas en el Programa de 1993 como la primera fuente de energía para el país, han demostrado recientemente en la

práctica que constituyen una fuente de financiamiento confiable para modernizar la infraestructura energética del país.

4. La combinación de las medidas ya citadas con la desconcentración del SEN, más la introducción de las fuentes renovables de energía competitivas que venía produciéndose desde el año 2000, ofrecen una oportunidad muy importante para que la Revolución Energética se convierta en el inicio del tránsito hacia una Energética Sustentable en Cuba.
5. Ese proceso se abarataría probablemente, sobre todo, si se aprovecha la actual coyuntura favorable de los precios del azúcar y el alcohol, así como la posibilidad de utilizar la caña de azúcar como cultivo energético, una vez que se recuperen los rendimientos agrícolas obtenidos durante los años ochentas del siglo pasado, elevándolos aún más si fuera preciso para obtener los volúmenes de caña necesarios en las tierras actuales dedicadas a ese cultivo, al mismo tiempo que se introduce en los ingenios el cambio tecnológico requerido.

Bibliografía

1. *Annual Statistical Bulletin OPEC 2004*, www.opec.org
2. *British Petroleum Statistical Review of World Energy 2005*, junio 2005, www.bp.com/statisticalreview
3. “En tiempos del petróleo verde-amarillo”, Bohemia Digital, 15 de junio de 2006, www.bohemia.cu
4. *Energy Efficiencies: Pipe-dream or reality?*, World Energy Council, febrero 2006, www.worldenergy.org
5. *Energy efficiency: a worldwide review*, World Energy Council (WEC), febrero de 2006, www.worldenergy.org
6. *Energy to 2050: Scenarios for a sustainable future*, IEA-OECD, 2005, www.iea.org/books
7. *International Energy Outlook 2005*, Energy Information Administration, www.eia.doe.gov
8. *Investment in Coal Supply and Use: An industry perspective on the IEA World Energy Investment Outlook*, International Energy Agency (IEA), 2005.
9. *Key World Energy Statistics 2005*, International Energy Agency (IEA), www.iea.org
10. *La energía solar, una alternativa sostenible con un futuro prometedor*, en www.mundoenergía.com
11. *OPEC market indicators*, marzo de 2006, www.opec.org
12. REN21 Renewable Energy Policy Network 2005; “Renewables 2005 Global Status Report”. Washington, DC: Worldwatch Institute.
13. *Renewable Energy Scenario to 2040: half of the global energy supply from renewables in 2040*, European Renewables Energy Council (EREC), 2006, www.erec.org
14. *Renewable energy target for Europe: 20% by 2020*, European Renewables Energy Council (EREC), 2006, www.erec.org
15. *Renovables 2050: un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular*, Greenpeace España, noviembre de 2005, www.greenpeace.es
16. *The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries: learning from the critics*, IEA information paper, agosto de 2005.

17. Torres Martínez, Julio y Llanes Regueiro, Dr. Juan, 2003; “Mitigating GHG Emissions with Sugarcane Biomass”.
18. UNDP, UNDESA, WEC, 2004; “World Energy Assessment: Overview 2004 Update”. Editors: José Goldemberg and Thomas B. Johansson, UNDP 2004
19. *World Energy Outlook 2004*, International Energy Agency (IEA), 2005, www.iea.org/books
20. www.solarbuzz.com/StatsCosts.htm