



# PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS

Jhon Alexander Peñafiel Castro<sup>1</sup> y Jorge Hernán Quintero<sup>2</sup>

Recibido: agosto 01 de 2012 Aprobado: octubre 12 de 2012

## Resumen:

*Durante las líneas de este documento se tratará de abordar una de las problemáticas científicas y tecnológicas más grandes que hoy por hoy la humanidad experimenta, las fuentes de energía. La supervivencia en este planeta depende de la energía y el problema radica en que más del 80% de dicha energía proviene de fuentes fósiles que son no renovables y que contaminan excesivamente. Desde diferentes perspectivas se argumentará el por qué este problema encabeza la lista de los retos que el hombre afrontará este siglo, y se presentarán algunas de las posibles soluciones que no pueden ser ajenas a los estudiantes en Ingeniería. Con optimismo y motivación para las futuras generaciones, parece que el campo de posibles soluciones se hace cada vez más amplio, y la intervención proviene desde variadas direcciones. Es necesario entonces conocer y difundir la problemática, pero aún mejor, encararla. De alguna manera, para continuar en este planeta con las mismas o mejores comodidades, es necesario diseñar e implementar soluciones radicales diferentes, tales como: costo, ambiente y producción en masa.*

*Palabras claves: energías, consumo energético, Colombia.*

## ABSTRACT

*In the development of this document, bigger scientific and technological problems in today's human experiences will be addressed and this is our source of energy. Our survival on this planet depends on energy, and the problem is that over 80% of this energy comes from fossil fuels, which are non-renewable and which excessively pollute. From different perspectives it will be argued why this issue tops the list of challenges that man faces and will face in this century, and presents some possible solutions that cannot be foreign to Engineering students. With great optimism and motivation for future generations, it seems that the field of possible solutions is becoming wider and the intervention for these solutions comes from many directions. It is necessary then to know and spread the knowledge of the problem, but even better, we have to face it. Somehow, to continue on this planet with the same or better facilities, we have to design and implement radical solutions from different points of view: cost, environment, mass production, among others.*

*keywords: energy consumption, energy, Colombia.*

1 Magister en ciencias físicas.

2 PhD. en Ciencias Químicas.

## I. INTRODUCCIÓN

El motor que impulsa todas las actividades del ser humano, no solo las necesarias, sino las que les proporcionan entretenimiento, es la energía. Desde que uno se levanta, se ducha, desayuna, transporta, o comunica, todas y cada una de estas actividades implica el consumo y la producción de energía. Aunque habitualmente la primera aproximación a este concepto está relacionada con la energía eléctrica con que se dispone en un hogar o la energía de los vehículos en los que uno se mueve, éste es mucho más amplio. El hecho de saber de dónde proviene, cómo se gasta (y hasta se malgasta) y cómo se transforma, ayudará a visualizar su gran impacto en la sociedad.

## II. FUENTES Y USOS

Según el Premio Nobel de Química de 1996, Richard Smalley, el listado de las problemáticas actuales y futuras de la humanidad es (Smalley, 2005):

1. La energía.
2. El agua.
3. El alimento.
4. El medio ambiente.
5. La pobreza.
6. El terrorismo y las guerras.
7. Las enfermedades
8. La educación.
9. La democracia.
10. La población.

Para responder la inquietud sobre por qué la energía encabeza este listado, basta con mencionar que cualquiera de los otros problemas se puede solucionar de forma directa o indirecta si se solucionan las cuestiones energéticas actuales. Por ejemplo el agua, es claro que la superficie del planeta tierra está cubierta en dos terceras partes por el agua de los océanos, pero infortunadamente no es consumible por el hombre. Si de alguna forma se tiene la capacidad, a través de procesos físico-químicos, de hacerla potable, se debe recurrir a grandes cantidades de energía. Sin mencionar el hecho de que este recurso necesita ser trasladado a lugares donde su acceso es limitado, por lo que de nuevo se tendrá que hacer uso de energía.

De muchas formas se puede contribuir a la solución de estos problemas, pero también que se requiere talento humano, buena preparación, o por así decirlo, de unos excelentes ingenieros, que sean capaces de innovar y de recurrir de la mejor forma a los recursos de la naturaleza.

## Conceptos técnicos

A veces las cifras ayudan a entender el problema. En la Figura 1 aparecen escalados los valores de potencia (velocidad de consumo o generación de energía) necesarios para que puedan trabajar correctamente diferentes objetos relacionados con nuestra vida cotidiana.

Una célula humana consume del orden de 1pW (un pico Watt,  $1 \cdot 10^{-12}$  W), una cantidad extremadamente pequeña. Del orden de 1.000 veces la energía de una célula se requiere para que un transistor en un circuito integrado opere normalmente, es decir 1nW aproximadamente.

Figura 1. Relación de dispositivos en orden de magnitud y la potencia requerida para su funcionamiento

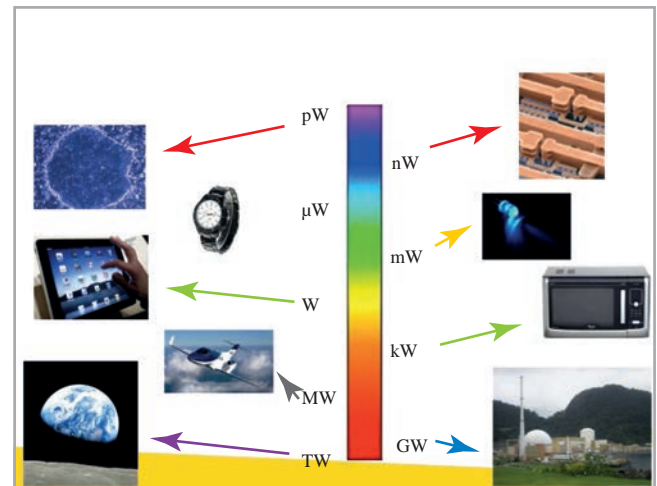


Figura 1. Esta imagen permite escalar los consumos de energía y entender las grandes cantidades que de ésta se usan.

Por encima en tres órdenes de magnitud del transistor se encuentra el reloj de cuarzo. Su consumo energético es de cerca de  $1 \mu\text{W}$ . Con la energía de mil relojes sería suficiente para activar un diodo láser, y mil de estos aproximadamente equivalen al consumo de un computador portátil. Con el mismo análisis se puede establecer la relación entre otros dispositivos y vehículos de transporte en términos de sus necesidades energéticas: un horno microondas 1000W (1kW), un aeroplano alrededor de un millón de watts (1MW) y una planta nuclear 1GW ( $1 \cdot 10^9$  W). De esta forma se podría decir que aproximadamente mil plantas nucleares se requerirían para brindar la energía necesaria al planeta, para que éste continúe funcionando normalmente.

Aunque son sólo órdenes de magnitud, estas cantidades sugieren mucha información. Pero hay que aclarar que según los últimos reportes, el consumo de las actividades humanas en la actualidad está próximo a 16TW (Lewis, 2007). Una cantidad enorme de energía.

Al respecto surgen preguntas como, ¿de dónde proviene esa energía?, ¿es necesario y posible seguir usándola?, ¿son infinitos los recursos que la brindan?, en caso de no serlo ¿qué otras fuentes se necesitan? Estas y otras cuestiones de carácter más técnico hacen parte del trabajo de muchos grupos de investigación de primer nivel, que desde hace varios años tratan de entenderlas y dilucidarlas de la mejor manera.

En números redondos, las fuentes de combustible fósil -petróleo, carbón y gas- proporcionan cerca del 85% del total de los 16TW (EIA, s.f.). El otro porcentaje se lo reparten las hidroeléctricas, las centrales nucleares y algunas renovables (solar, eólica, geotérmica, biomasa). El diagrama de la Figura 2 resume estos comentarios, y de nuevo plantea una situación preocupante.

La Tierra no es una fuente infinita de estos recursos, pero eso no es lo peor. La triste noticia es que el mayor subproducto de la quema de estos combustibles es el CO<sub>2</sub>, el dióxido de carbono, el gas tipo invernadero que produce la humanidad en mayor cantidad. Y ahora, incluso en Colombia, somos víctimas de una de las aparentes y muy mencionadas consecuencias que produce el efecto invernadero, el cambio climático. Sin tratar de empeorar el asunto, pero siendo realistas, el problema se vuelve más grave si se observa alrededor y se percibe la forma cómo se malgasta la energía. Peor aún, el reto será cada vez mayor, debido a la creciente población, que actualmente está en el orden de siete mil millones a nivel mundial, y se espera que para finales de siglo, esté en el orden de diez mil millones de potenciales consumidores energéticos.

Figura 2. Relación de fuentes de energía

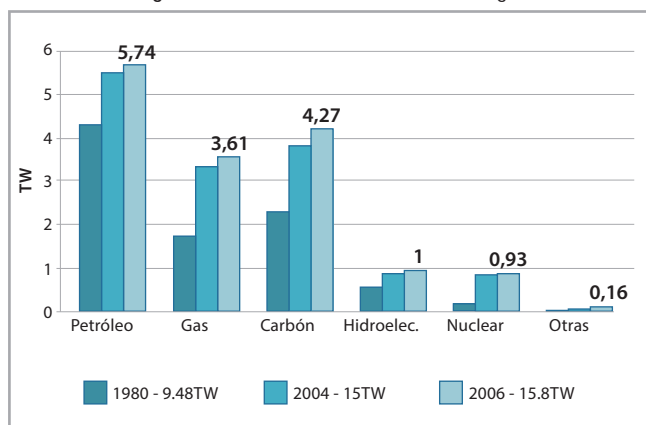


Figura 2. Gráfico que resume las fuentes que proveen los recursos energéticos mundiales. Cerca de una tercera parte proviene del petróleo, una cuarta parte del carbón y una quinta parte del gas.

## Panorama energético

Aunque es posible continuar con grandes desarrollos en todas las demás fuentes, sólo por comentar, por razones prácticas, la mareomotriz es extraíble única-

mente en los litorales. Las geotérmicas en su mayoría no son aprovechables debido a su elevado costo. De las fuentes hidroeléctricas, aunque moderadas en cantidad, ya no se puede esperar más, los ríos están casi que copados en un gran porcentaje. Sólo queda aferrarse a que se exploten de mejor forma los recursos renovables. Con estos se hace alusión a los recursos que se renuevan de forma natural, que son abundantes y no contaminan.

**Energía eólica:** se estima que a nivel global, el recurso eólico es de aproximadamente 72TW (Kempton, Pimenta, Veron, y Colle, 2010). Como recurso energético, la energía eólica es uno de los sectores que más ha crecido durante los últimos años (Samulat, 2012). Su mayor problema es que no siempre sopla viento y que las granjas eólicas ocupan mucho espacio. Pero tal vez, hay ciertas maneras de asegurar vientos constantes, por lo menos en determinadas regiones. Por ejemplo instalar estas granjas en los océanos y conectarlas entre sí (véase Figura 3).

El grupo de investigación del profesor Willett Kempton, director del Centro para Energías sin emisiones de carbono de la Universidad de Delaware, calculó que sería posible garantizar un suministro eléctrico constante si se instalasen molinos de viento algunos kilómetros mar adentro a lo largo de los 2.500 km de costa y se conectasen entre sí (Kempton, Pimenta, Veron, y Colle, 2010; Samulat, 2012; Biello, 2010). Conforme este modelo, el viento mantendría en promedio su actividad incesante, y no dejaría de generar electricidad en ningún momento; aunque una particularidad de este proyecto reside en la enorme cantidad de cableado que sería necesario para interconectar las hipotéticas centrales eólicas. Actualmente, el cable más largo para transmisión de corriente eléctrica no supera los 580 km. Se considera que el costo del cableado para este proyecto estará en el orden de 1.400 millones de dólares, lo que equivale a cerca de un 15% del costo de las once hipotéticas centrales eólicas.

Aunque existen muchas posibilidades para abordar las buenas ideas de las granjas eólicas, cabe mencionar que sus aplicaciones no se limitan a la instalación en los mares. De alguna forma, sería posible explotar las regiones en tierra donde el viento sopla de una manera fuerte y constante. En este sentido es importante tener en cuenta el doble aprovechamiento que se podría hacer, ya que esta tierra al requerir una extensión considerable, podría ser empleada en actividades paralelas como la agricultura, la ganadería y otras, en los espacios vacíos entre turbinas. En resumen, los diferentes temas técnicos relacionados con el aprovechamiento de energía, hoy por hoy retan a un gran número de científicos e ingenieros, que seguramente no se detendrán hasta alcanzar las formas más efi-

cientes de generación, transformación y almacenamiento de la energía del viento.

**Energía desde biomasa:** según el Centro de Investigación Biomass Energy Center, la biomasa hace referencia al material biológico derivado de organismos vivos, o que vivieron hace relativamente poco tiempo. En el contexto de este artículo, es decir, desde el punto de vista energético, la biomasa se puede utilizar tanto como fuente de energía directa (por ejemplo a través de la quema de leña) como para convertirla en otros productos con energía potencial, como los biocombustibles (por ejemplo, en los Estados Unidos, el bioetanol que en su mayoría proviene del maíz, ya reemplaza el 10% de la gasolina) (Pienkos, Laurens y Aden, 2011).

Figura 3. Modelo E-126 de molinos eólicos.



Figura 3. La empresa alemana Enercon creó el modelo E-126 de molinos eólicos, de 198m de altura, tiene 7.5MW de potencia, capaces de abastecer electricidad para cerca de 5 mil hogares. Por: Fernández, 2011.

A pesar de las grandes esperanzas depositadas en los biocombustibles, en donde fungen como principales testigos Range Fuel, Cilion y Ethanex Energy, empresas estadounidenses, que se habían dedicado a la producción o simplemente se originaron como plantas de biocombustibles, hoy en día parece que este tipo de combustible se ha convertido en una promesa fallida (Biello, 2011). Estas empresas abandonaron la producción de biocombustibles debido principalmente a los elevados costos. Es decir, este tipo de combustible, según los reportes actuales, no constituye una buena opción en el sector de las energías rentables. Tal parece que los requerimientos para lograr este objetivo lucen bastante complejos.

Como se mencionó, el bioetanol del maíz parece una verdadera esperanza, que tal vez, se volvería desalentadora, si se comenta que su producción en abundancia es sólo gracias a la subvención, principalmente desde el sector gubernamental. Cabe resaltar que los biocombustibles de celulosa actuales son difíciles de

obtener y resultan en general costosos, además, no existen cultivos para la producción en masa requerida, y tal parece que la genética aún está en el proceso de desarrollo para lograr la síntesis de los llamados microorganismos productores de hidrocarburos (Biello, 2011).

Sin embargo, existen indicios de que las microalgas podrían convertirse en una verdadera materia prima, y de alguna forma, material viable para la elaboración de biocombustibles. Las principales razones y muy convincentes, están relacionadas con el hecho de que existen algunas especies que producen grandes cantidades de aceite (propio para la elaboración de biocombustibles), además, el cultivo de las mismas, no interfiere con la producción alimentaria, a diferencia del etanol derivado del maíz. Con sus pros y contras, en el buen sentido, no se puede alejar de la idea que tal vez, la comprensión de algunos procesos naturales, propia del buen trabajo de los ingenieros agroecológicos, y en general de un amplio campo de la ciencia, nos permita en un futuro aprovechar los potenciales beneficios de la biomasa.

**Energía solar:** para contrastar un poco la enorme energía que entrega el sol a la Tierra, veamos algunos números. El terremoto en el Eje Cafetero en 1999 tuvo una magnitud de 6.4 en la escala de Richter. Éste liberó una energía del orden de  $1 \times 10^{14}$  J, cantidad de energía que el sol entrega a la superficie del planeta en menos de un segundo. El sol continuamente suministra a la Tierra cerca de  $1.2 \times 10^{15}$  TW, lo que desde luego hace ver diminuta cada una de las otras fuentes de energía, renovable y no renovable (Crabtree y Lewis, 2007).

El profesor Nathan Lewis, del Instituto de Tecnología de California (Caltech), realiza aproximaciones bastante interesantes sobre la energía requerida para suplir las demandas de la humanidad. La Figura 4 muestra seis regiones localizadas en zonas de alta radiación solar, y que si se cubrieran con campos completos de celdas solares, podrían de una buena forma entregar cerca de 3.3 TW cada una, para un total de 20TW (Smalley, 2002).

Hoy en día no se cuenta con el avance suficiente para implementar la tecnología en la energía solar con base en celdas fotovoltaicas, principalmente debido al costo de kilowatt-hora. No obstante, a causa de su elevado precio siendo su principal obstáculo, es seguro que la energía solar jugará un rol fundamental en los modelos energéticos futuros. Esto gracias a que las celdas solares se encuentran en continuos desarrollos, en relación a sus mejoras técnicas con respecto a la eficiencia de conversión y al costo de producción. Estos avances en general, se han logrado gracias a la intervención de la nanotecnología, las celdas solares

multicapa y a los concentradores de radiación solar (Lewis, 2007; Lewis, 2011).

Figura 4. Zonas terrestres de alta concentración solar

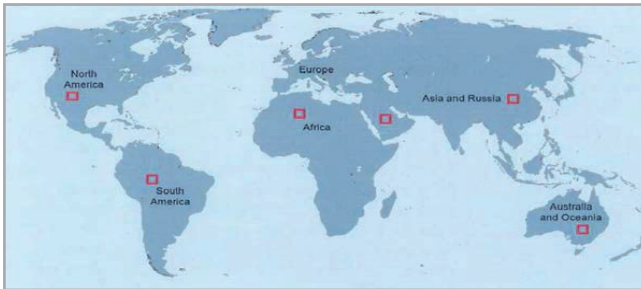


Figura 4. Según el Profesor Lewis se necesitarán seis regiones de alta concentración solar que al ser distribuidas sobre la superficie terrestre, cada una con un área de 100km<sup>2</sup>, que generarían en total del orden de 20TW, suplirían las demandas de la humanidad.

Actualmente en países como Israel es obligatoria la instalación de calentadores solares en los edificios de nuevas construcciones. Existen proyectos a mediano y largo plazo relacionados con la forma cómo se deben aprovechar las temperaturas extremas en los desiertos del norte de África, a través de centrales solares. Finalmente, hay que comentar otras ideas que no están relacionadas con las fuentes de energías renovables, pero no dejan de ser importantes.

A la pregunta, ¿es posible seguir usando el carbón (de alguna forma la mayor de las reservas fósiles) sin contaminar? Muchos de los científicos se plantean varias situaciones, las cuales se podrían clasificar en dos procesos: la precombustión y la postcombustión (Fallows, 2010). En los últimos, por medio de técnicas físicas y químicas, se separa el CO<sub>2</sub> del resto de los gases producidos en la combustión. Por otro lado, en los sistemas de precombustión (considerados más eficientes), el mineral se trata de forma química, de tal forma que los gases subproducto contengan una menor concentración de dióxido de carbono.

### III. COMENTARIOS FINALES

De forma general, la solución a los problemas mencionados durante el artículo no es única. Se sabe que en particular existen otras complicaciones como la deforestación, la contaminación, las emisiones de gases de efecto invernadero, extinción de especies (pérdida de biodiversidad) y acidificación de océanos, que se desprenden directa o indirectamente por la dependencia que el hombre tiene hacia los combustibles fósiles. Debe ser claro también, que se puede contribuir desde muchos puntos de vista, reconociendo que es verdaderamente necesaria la generación de energía limpia, abundante y barata, y que desde luego esto implica innovación científico-tecnológica, abarcando campos multidisciplinarios.

En una buena medida, los ingenieros deben estar en la capacidad de adaptar los recursos, de rehabilitar las ciudades a una forma sustentable. Esto último, a través de la modernización de edificios y de la forma efectiva de aplicar las técnicas avanzadas para enriquecer la vida urbana, está marcada en el aprovechamiento de la luz, el viento y la energía solar (Biello, 2012; Piroozfar, 2012; Parasonis, 2010).

Se podría decir incluso, que en parte la solución requiere un poco de conciencia. De utilizar los recursos de la manera más eficiente, de no desperdiciarlos, de tratar de ver hacia un horizonte en el mismo nivel que la naturaleza. (Soares, 2008; Webber, 2012; Foley, 2011).

Generalmente hay rechazo a los cambios. Trasladarse desde una infraestructura energética existente a una nueva costará cantidades enormes de dinero, como cualquier proyecto realmente mayor. La cuestión importante es valorar los proyectos en términos de seguridad actual y futura, seguridad energética y ambiental. Parece que todo sería cuestión de voluntad desde muchos sectores, incluso el político. El hombre ya se ha atrevido a hacer cambios radicales. Por ejemplo, durante la II Guerra Mundial, Estados Unidos cambió su infraestructura en las fábricas de vehículos para producir 300.000 aviones, mientras otros países construyeron 486.000. (Jacobson y Delucchi 2010).

Se sabe cómo construir celdas solares con una garantía de 30 años, se conocen los componentes propios para capturar y almacenar luz solar; lo que aún se desconoce, y que es un reto-, de alguna manera bienvenido-, es cómo hacer rentables los procesos de aprovechamiento de la energía solar, a la escala de demanda actual (Jacobson y Delucchi, 2010).

Pero se tiene la creencia, en definitiva, que las mejores soluciones son las ingenieriles, la innovación científica y tecnológica, que éste debe ser el argumento de la tarea de formar buenos ingenieros, que aprovechen los recursos de la naturaleza, que dominen las temáticas modernas, en donde los materiales, la nanociencia y nanotecnología juegan un papel primordial. ■

### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Biello D. (Septiembre 2008) Can captured carbon save coal? *Scientific American*. (19) 2: 52-59.
2. Biello D. (Diciembre 2008) China's energy paradox. *Scientific American Earth* (18) 5: 34-41
3. Biello, D. (Mayo 2010) Stringing Offshore Turbines for Uninterrupted Power. *Scientific American*. (302) 6: 23-23

4. Biello, D (Agosto 17 de 2011). The False Promise of Biofuels. *Scientific American*.(305) 2: 58-65
5. Biello D. (Noviembre 2011.)Rehabilitar la ciudad. *Investigación y Ciencia*.422: 48-51
6. Crabtree, G y Lewis, N. (Marzo 2007) Solar energy conversion *Physics Today*. 37-42
7. Energy Information Administration. Recuperado de <http://www.eia.gov>
8. Fallows, J (Octubre 27 de 2010). Dirty Coal, Clean Future. *The Atlantic*. Recuperado de <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2010/12/dirty-coal-clean-future/8307/>
9. Fernández, A. (julio 21 de 2011) *Aerogeneradores: los modelos más impactantes*. Recuperado de [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2011/05/09/200475.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2011/05/09/200475.php) Foley, J. (Noviembre 2011) Can we feed the world and sustain the planet? *Scientific American*.305: 60-65
10. Jacobson, M. y Delucchi, M. (Enero 2010) Energía Sostenible. *Investigación y Ciencia*. 400: 20-27
11. Kempton, W.;Pimenta, F.;Veron, D. and Brian Cole A. (Abril 20 de 2010).Electric power from offshore wind via synoptic-scale interconnection. *PNAS* (107) 16: 7240-7245.
12. Lewis, N. (Febrero 9 de 2007).Toward cost-effective solar energy use. *Science*, (315) 5813: 798-801
13. Lewis, N. (Octubre 2007) Powering the Planet. *Material Matters*. ( 32) 808-820
14. Muller, B. (Mayo 2012) El futuro de la energía solar. *Investigación y Ciencia* (428) 40-48.
15. Nathan L. (2011) Accelerating solar conversion science. Scialog . Estados Unidos: Research Corporation for Science Advancement.
16. Parasonis J. et al. (febrero 8 de 2012) Architectural solutions to increase the energy efficiency on buildings. *Journal of civil engineering and management*. (18).1: 71-80
17. Pienkos, P.; Laurens, L. y Aden, A. (Noviembre-Diciembre 2011) Making Biofuel from Microalgae. *American Scientist*(99), 6:474
18. Piroozfar P. et al. (2012) Desing for sustainability. *Architectural engineering and design management*, (8).
19. Samulat, G. (Junio 2012) El futuro de la energía eólica. *Investigación y Ciencia* 429: 26-32.
20. Smalley, R. (Junio 2005). *Material Matters*. (30) 412-417
21. Smalley, R. Recuperado de <http://cohesion.rice.edu/naturalsciences/smalley/>
22. Soares, C. (Septiembre 2009) The low-carbon diet. *Scientific American*.19: 74-76
23. Webber, M. (Enero 2012) More food, less energy. *Scientific American*. 306: 74-79