

Panorama energético

Energy Outlook

Faustino Reyes-Caballero¹

Flavio Humberto Fernández-Morales²

Julio Enrique Duarte³

Recibido: marzo 30 de 2016

Aceptado: junio 28 de 2016

Resumen

En este trabajo se presentan y discuten aspectos teóricos fundamentales de la energía y soluciones a los problemas energéticos que la investigación y desarrollo en ciencia y tecnología pueden dar en términos de posibilidades y realidades.

Palabras clave: efectividad energética, combustibles fósiles, energías renovables, impacto ambiental.

Abstract

In this paper, we are briefly presenting and discussing fundamental theoretical aspects of energy, and solutions to energy problems that research and development in science and technology may give in terms of possibilities and realities.

Keywords: energy conservation, fossil fuels, renewable energy, environmental impact.

¹ Físico, Doctor en Ciencias Físicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Sogamoso. E-mail: carefa4@hotmail.com

² Ingeniero Electrónico, Doctor en Ingeniería Electrónica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama. E-mail: flaviofm1@gmail.com

³ Licenciado en Física, Doctor en Ciencias Físicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama. E-mail: julioenriqued1@gmail.com

1. Introducción

El uso actual de la energía tiene significativos impactos ambientales; sin embargo, esta se presenta como el principal “combustible” para el desarrollo social y económico (World Energy Council [WEC], 2016). Es imprescindible que acometamos la protección al medio ambiente y seamos conscientes que la disponibilidad de recursos fósiles es finita. Por lo tanto, se reconoce ahora la necesidad de encontrar fuentes alternas de energía, obtenibles de forma segura, asequible y respetuosa con el medio ambiente.

Este estudio considera la clasificación de los países dada en el documento *World Economic Outlook 2015* (International Monetary Fund [IMF], 2015), en el cual se divide a los países del mundo en dos grandes grupos: las economías avanzadas y las economías emergentes y en desarrollo. Según *International Energy Outlook 2016*, el consumo mundial de energía hasta el año 2040 se incrementará en un 1,7% anual y más del 50% de este consumo estará a cargo de las economías emergentes y en desarrollo (Energy Information Administration Form U.S. [EIA], 2016). Por lo tanto, las economías emergentes y en desarrollo requieren de estudios energéticos más detallados que aporten soluciones efectivas para lograr cubrir la demanda de energía de una gran franja de la población que hoy carece de un buen recurso energético, y menos aún pueden cubrir un futuro aumento del costo de la energía.

Elementos claves del establecimiento de las futuras prioridades de investigación y desarrollo en los ámbitos de la energía y el medio ambiente residen

en la comprensión completa de los problemas a largo plazo, resaltar los intereses y necesidades tanto personales, como locales, regionales, nacionales e internacionales. La situación de referencia representa un comportamiento de línea base que puede mejorarse si se ejecutan las acciones apropiadas. El propósito fundamental de este artículo es presentar, y discutir, aspectos teóricos fundamentales de la energía y las soluciones a los problemas energéticos que la investigación y desarrollo en ciencia y tecnología pueden dar en términos de posibilidades y realidades.

2. Aspectos teóricos fundamentales de la energía

2.1 La energía en los sistemas físicos a muy pequeña escala

Un sistema físico a muy pequeña escala, bien sea molecular o atómica, no puede tener cualquier energía interna sino únicamente ciertas energías discretas denominadas niveles de energía. Estos sistemas aceptan y liberan energía (electrones) en cantidades discretas en forma de paquetes de energía o cuantos. En la figura 1(a) se presentan los niveles de energía correspondientes a los posibles estados de energía en que se puede encontrar el electrón en un átomo de hidrógeno. Los cuantos de energía más familiares son los fotones, que corresponden a radiación electromagnética; es decir, combinación de campos eléctricos (E) y magnéticos (H) rápidamente alternantes, que se propagan en el espacio como ondas, tal como se representa en la figura 1(b) y con energía asociada a los campos que se intercambia entre las formas eléctrica y magnética.

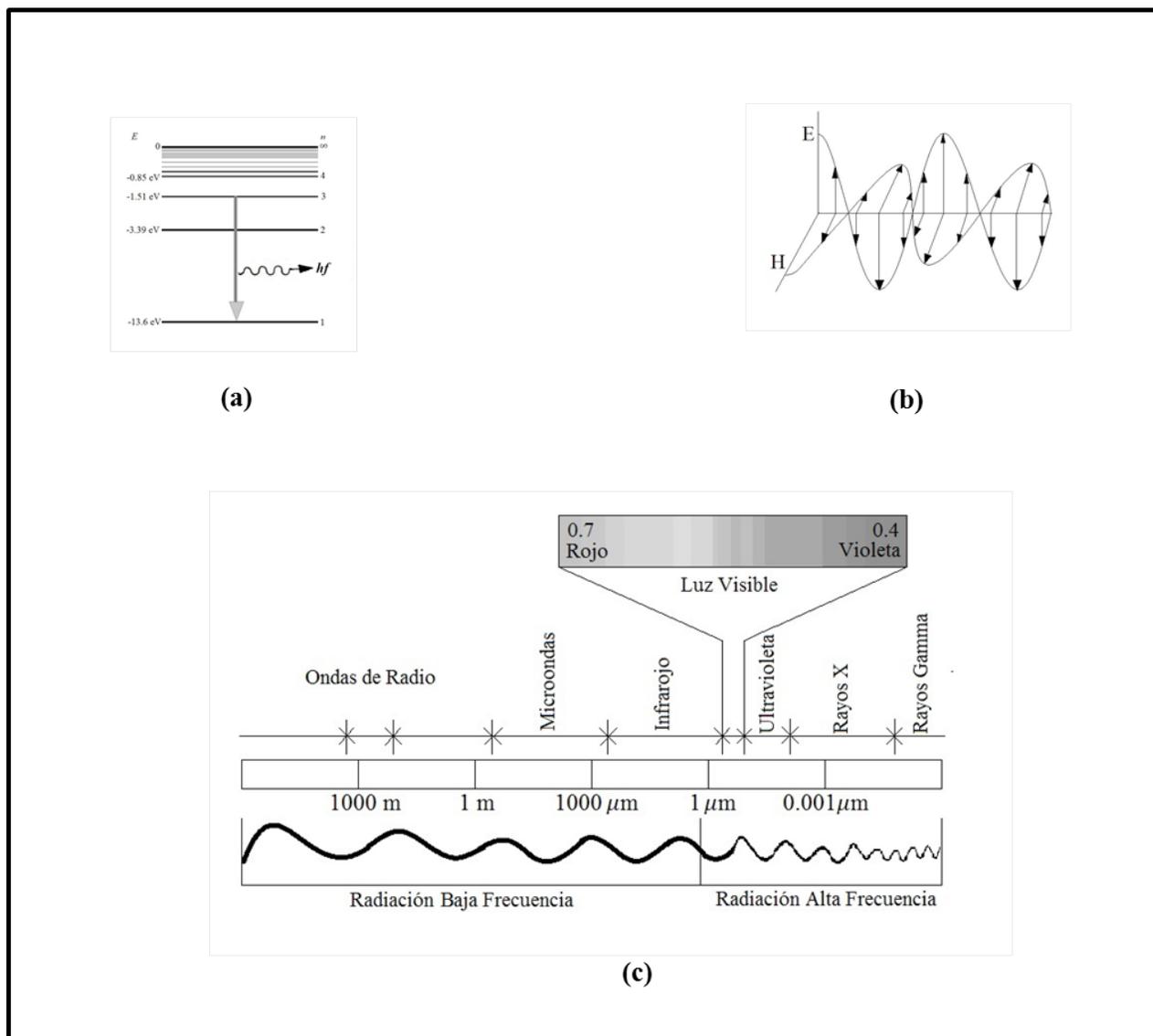


Figura 1. Cuantificación de la Energía. (a) Diagrama de niveles de energía para el átomo de Hidrógeno. (b) Propagación de radiación electromagnética. (c) Espectro de radiación electromagnética.

La radiación de frecuencia f que se emite o absorbe depende de la transición que tenga lugar. La diferencia de energía entre su estado final y su estado inicial está relacionada con la frecuencia de la radiación absorbida o emitida mediante la ecuación (1):

$$\Delta E = (E_f - E_i) = hf \quad (1)$$

Donde hf es la energía del fotón absorbido o emitido; es la constante de Planck con valor de $6,6252 \times 10^{-34}$ Js; y f la frecuencia de la onda de radiación electromagnética correspondiente, que se puede expresar como c/λ , donde c es la velocidad de propagación de la radiación y λ su longitud de onda. Todo el espectro de radiación electromagnética se ha dividido en regiones denominadas radio ondas, micro ondas, infrarrojo, espectro visible, ultra-

violeta, rayos X y rayos gamma, tal como se ilustra en la figura 1(c).

2.2 La energía de los sistemas físicos a gran escala

Los sistemas macroscópicos que percibimos con nuestros sentidos están compuestos de muchos átomos o moléculas. Cuando un sistema macroscópico cambia, bien sea, su posición, su estructura o forma, sus dimensiones, o sus propiedades, de alguna manera interviene la energía. La energía es dada en expresiones compuestas de varias cantidades o funciones calculadas de cierta manera, con ciertas condiciones específicas a cumplir: 1) La

energía total no cambia, la energía no puede ser creada ni destruida; 2) La energía tiene toda clase de formas, ella puede transformarse y volverse a transformar de una forma a otra, transferirse y acumularse; 3) espontáneamente la energía puede transformarse, transferirse o acumularse en un solo sentido.

Ilustremos lo anterior con dos ejercicios académicos típicos. El primer ejercicio se trata de la rueda que desciende a lo largo del plano inclinado y es detenida por un resorte, representado en la figura 2(a). El balance de energía, ecuación (2), expresa que la energía en el tiempo inicial es igual a la energía en el tiempo final:

$$Mgh_o = E(t_i) = E(t_f) = Mgh + \frac{1}{2}MV_{CM}^2 + \frac{1}{2}Iw^2 + \frac{1}{2}Kx^2 + E_d \quad (2)$$

En el tiempo inicial (t_i), la rueda se encuentra en la parte superior del plano inclinado y posee una energía potencial gravitacional expresada en este caso como: Mgh_o , siendo M la masa de la rueda, g el valor de la gravedad h_o y la altura con respecto al nivel de referencia tomado a la altura en que se detiene la rueda. Para un tiempo final (t_f), a medida que la rueda desciende, la energía potencial gravitacional se va transformando en: 1) energía cinética de traslación de su centro de masa, expresada como $\frac{1}{2}MV_{CM}^2$, donde V_{CM} es la rapidez de traslación de su centro de masa; 2) energía cinética de rotación, expresada como $\frac{1}{2}Iw^2$, donde I es el momento de inercia de la rueda con respecto a su eje de rotación y w es su rapidez angular de rotación; 3) la energía almacenada en el resorte, energía potencial elástica, expresada como $\frac{1}{2}Kx^2$, donde K es la constante elástica del resorte y x es la compresión del resorte; 4) energía disipada, es decir, energía transferida al ambiente y a los átomos de la superficie de la rueda, que podemos expresar como E_d , debido al rozamiento con el plano inclinado y con la atmósfera en la que se traslada la rueda.

El segundo ejercicio académico típico que vamos a considerar, representado en la figura 2(b), se tra-

ta del caso de dos sistemas en contacto térmico entre sí. La temperatura absoluta de cualquier sistema es positiva, y es una función creciente de la energía media de las partículas que componen el sistema. Un sistema caliente (sistema A, en la figura 2(b)) tiene una temperatura absoluta mayor que un sistema frío (sistema B, en la figura 2(b)). Poniendo en contacto el cuerpo caliente con el cuerpo frío, el cuerpo frío espontáneamente tiende a calentarse, a expensas del cuerpo caliente hasta que se alcance el equilibrio térmico; no es posible que el cuerpo frío espontáneamente se enfríe aún más, cediendo su propio calor al cuerpo caliente. El calor tiende a fluir espontáneamente solo en un sentido, de las sustancias calientes a las frías y no viceversa. Esto representa una dirección en la cual, espontáneamente, se distribuye la energía, de una menor distribución de la energía a una mayor distribución de la energía entre los dos sistemas, hasta alcanzar el equilibrio térmico. Todos los procesos espontáneos de transferencia de calor son irreversibles, una vez en el equilibrio los dos sistemas no lo pueden abandonar espontáneamente. Se define la entropía S como la magnitud que permite cuantificar la tendencia, de manera espontánea, al equilibrio de los sistemas físicos; en términos de esta magnitud se puede expresar, ecuación

(3), que en todo proceso la entropía de un sistema aumenta o se mantiene constante, bien sea si aumenta o permanece constante la distribución de la energía del sistema

$$\Delta S \geq 0 \quad (3)$$

Se conoce mucho sobre el origen y la relación existente entre las diferentes formas de energía. Desde un punto de vista fundamental, se reconocen además de la energía cinética, las energías potenciales correspondientes a las interacciones funda-

mentales presentes en la naturaleza: gravitatoria, electromagnética, nuclear débil y nuclear fuerte. Cualquier otra energía es deducible de una o varias de estas formas de energía. Así, por motivos prácticos, se describen otras formas derivadas de energía: la energía térmica, la energía química, la energía mecánica, la energía radiante, la energía eléctrica, la energía nuclear. Y existen otras formas, aún más derivadas de energía, como: la energía hidráulica, la energía eólica, la energía solar fotovoltaica, la energía geotérmica, la energía marina, la bioenergía.

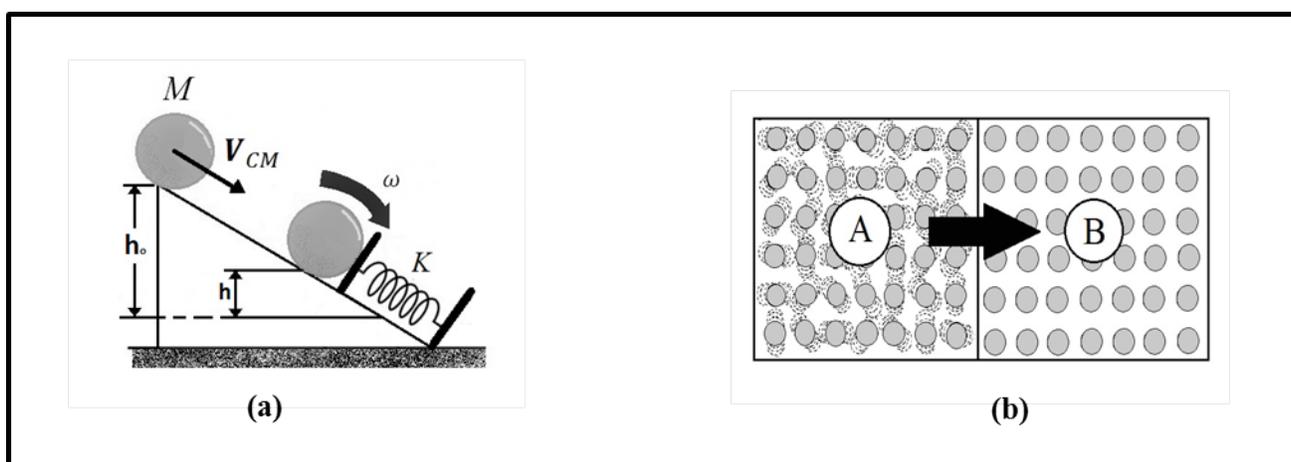


Figura 2. Conservación, transformación, transferencia y acumulación de la Energía. (a) Rueda que desciende a lo largo del plano inclinado. (b) Sistemas en contacto térmico.

La energía requiere de un lenguaje propio y adecuado, los términos y símbolos energéticos crecen y crecen sin parar; por ejemplo, hoy día es natural familiarizarse con los íconos representados en la figura 3. Para evitar confusiones al realizar traducciones del inglés, onde habitualmente se confun-

de el término "*power*" con los términos "*energy*" y "*electricity*", es necesario decir que "*power*" hace referencia a potencia, que corresponde a la cantidad de energía transferida por unidad de tiempo. Mientras "*electricity*" corresponde a electricidad, una forma de energía: "*energy*".

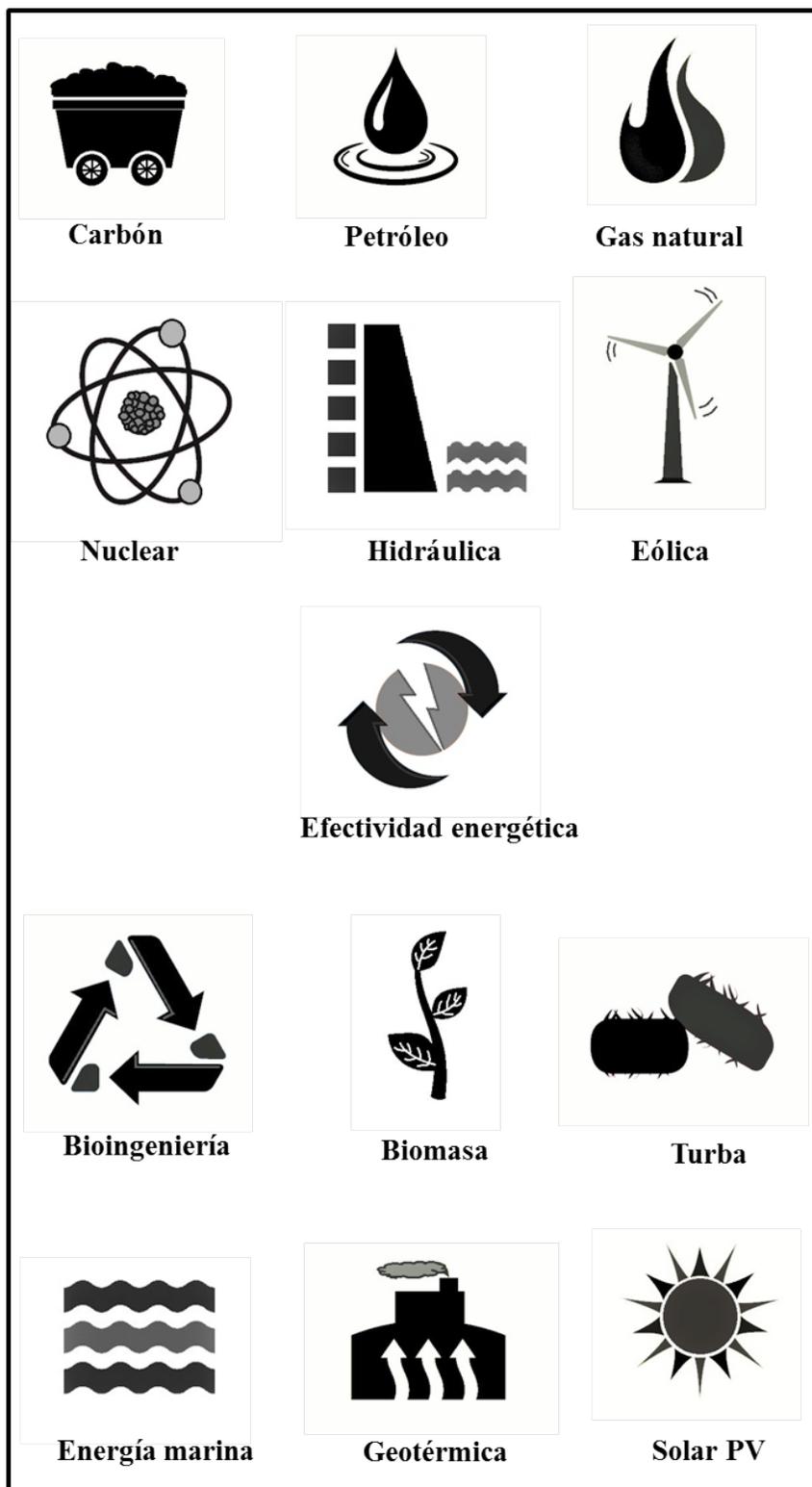


Figura 3. Formas de energía.

En la figura 4, con especificaciones dadas en la tabla 1, se presentan los vínculos entre formas de energía con los procesos de transformación/transferencia de la energía. En toda transmisión o transformación de energía hay alguna pérdida. La energía total utilizada por cualquier sistema siempre es mayor que la energía gastada en generar un determinado efecto. El rendimiento energético es la relación entre la energía suministrada al sistema y la energía útil que obtenemos realmente. Las primeras máquinas de vapor, las que impulsaron la Primera Revolución Industrial desde finales del siglo XVIII en Inglaterra, tenían pérdidas del 90% de la energía del combustible consumido. Los pri-

meros motores de combustión interna, que a partir de la producción comercial del petróleo a mediados del siglo XIX significaron el reemplazo de las máquinas de vapor e impulsaron el desarrollo de los automóviles, presentaron pérdidas bastante menores pero llegaban de todos modos a valores del 70 al 75%. Siempre se ha querido diseñar y/o construir sistemas que tomen una cantidad de energía y la transfieran, o transformen, íntegramente o que espontáneamente cambien el sentido natural de transferencia, o transformación, de la energía. Nunca un sistema tal ha existido, todo intento ha fracasado íntegramente. Tal tipo de sistema se llama *móvil perpetuo*.

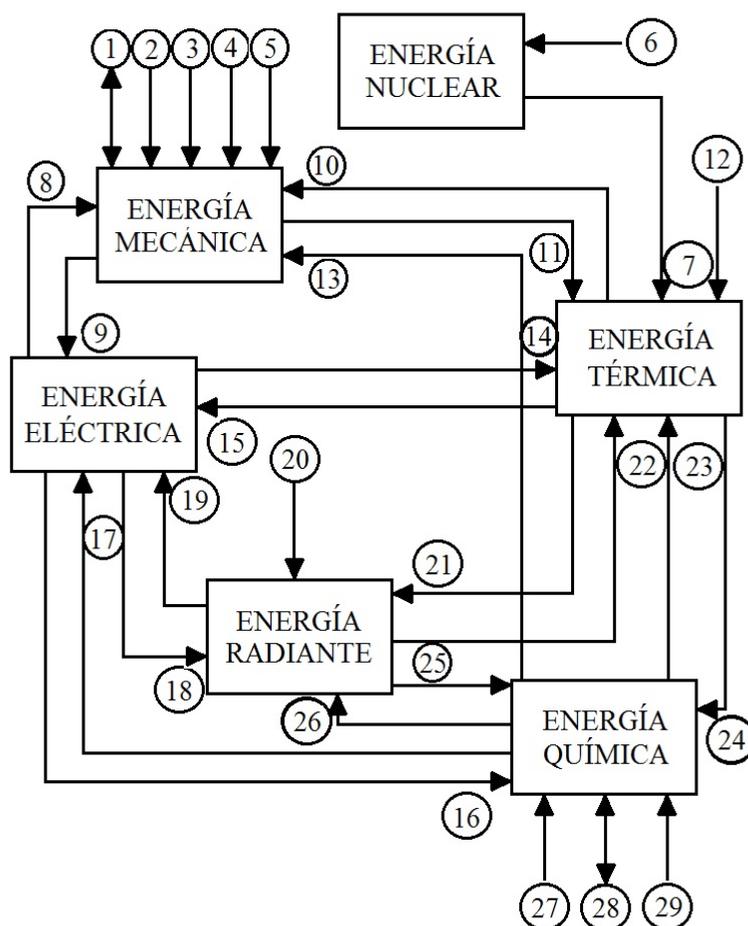


Figura 4. Vínculos entre formas y transformaciones/transferencias de la energía.

Ítem	Formas y transformaciones o transferencias de la energía
1	Hidráulica: Turbinas hidráulicas, Bombas
2	Mini hidráulica
3	Eólica
4	Mareomotriz
5	Oleaje
6	Combustible Nuclear
7	Fisión/Fusión
8	Motores Eléctricos, Piezoelectricidad
9	Generadores Eléctricos: Alternadores y Dinamos
10	Máquinas y Motores Térmicos, Turbinas
11	Rozamiento, Choque
12	Geotérmica
13	Explosión
14	Efecto Joule: Resistencias Eléctricas, Hornos, etc.
15	Efecto Termoeléctrico o Termoelectricidad (Efecto Seebeck, Efecto Peltier y Efecto Thomson) Convertidores Termoeléctricos, Termoiónicos y Magneto-hidrodinámicos
16	Electrólisis
17	Pilas y Acumuladores / Pilas de Combustible
18	Descarga Electroluminiscencia, Lámparas
19	Convertidores Fotovoltaicos, Paneles Fotovoltaicos
20	Radiación Solar
21	Incandescencia
22	Captoreadores de Radiación Solar: Panel, Colector y Horno Solar Térmico
23	Combustión, Fermentación
24	Reacciones Endotérmicas, Termólisis
25	Fotosíntesis/Fotoquímica
26	Quimioluminiscencia
27	Biomasa
28	Hidrógeno
29	Combustibles Fósiles

Tabla 1. Especificaciones correspondientes a la figura 4: vínculos entre formas y transformaciones/transferencias de la energía.

2.3 El costo de la energía y la intensidad energética

En el ámbito socio-económico, la energía es una mercancía (*commodity*), esto hace referencia tanto al recurso natural como a los procesos tecnológicos asociados a la extracción, transformación y distribución, que permiten darle un uso indus-

trial o económico a la misma, los cuales varían de acuerdo a la fuente energética empleada. El precio al consumidor es el resultado de la suma de los costos reconocidos de los distintos conceptos que lo integran; por ejemplo, típicamente, los costos a los consumidores de energía eléctrica incluyen en su estructura los conceptos correspondientes a

los costos de producción, los llamados costos permanentes del sistema, el costo del transporte, el costo de distribución y comercialización y, por último, los costos de diversificación y seguridad del abastecimiento.

Ha quedado bien establecido desde hace mucho tiempo que, en general, hay una correlación directa entre el Producto Interno Bruto (PIB) de una nación y su consumo de energía. La forma habitual de establecer esta correlación es a través del parámetro intensidad energética, obtenido de dividir el consumo energético por el volumen de la actividad económica representado por el PIB. Adicionalmente, la intensidad energética se traduce como la cantidad de unidades de energía necesarias para producir una unidad de riqueza. Las economías avanzadas se caracterizan por tener intensidad energética baja, se consume poca energía obteniendo un PIB alto. Mientras las economías emergentes y en desarrollo se distinguen por presentar una intensidad energética elevada, lo que indica un costo alto en la conversión de energía en riqueza, mucho consumo de energía obteniendo un PIB bajo.

3. Soluciones a los problemas energéticos

3.1 Mitigación del impacto de las fuentes de energía no renovables

Obviamente, se llama energía no renovable aquella que proviene de fuentes agotables, como la procedente de los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural, y de los combustibles nucleares: uranio. Son bien conocidas las razones por las cuales son estimados los combustibles fósiles: 1) son fuentes asequibles, en una forma u otra, en todo el mundo; 2) la humanidad aprendió a extraerlos y transformarlos para producir hoy el 80% de la energía que necesita; 3) proporcionan gran cantidad de energía química; 4) el mecanismo de combustión es relativamente simple y proporciona energía aplicable a cualquier escala; 5) son fáciles de almacenar y distribuir.

Sin embargo, los combustibles fósiles son una potencial fuerza destructora, localmente porque la explotación y procesamiento provocan contaminación del aire, el agua y el suelo, causa múltiples enfermedades (Martínez-Bernal, 2013). Y globalmente porque su consumo ha intensificado el cambio climático, provocado por el depósito en las capas altas de la atmósfera de cantidades enormes de gases de efecto invernadero: N_2O , CH_4 y mayoritariamente CO_2 , que no impiden la llegada de la radiación solar, pero sí dan lugar a una disminución de la radiación térmica que emite la Tierra hacia el espacio cósmico. Por lo tanto, al haber una mayor entrada energética neta, se produce el calentamiento global de la Tierra, cuyos efectos pueden ser catastróficos en la medida que se transforman los ecosistemas, las condiciones de habitabilidad se hacen críticas, acompañado esto con un deterioro económico-social (Brollen & Brink, 2014; Ertugrul, Cetin, Seker, & Dogan 2016).

Por lo tanto, los combustibles fósiles representan un gran dilema que la sociedad tiene que resolver: fue la gran fuente de energía con la cual se impulsó el desarrollo económico de las naciones desarrolladas y su actual ritmo de vida; pero igualmente, degradaron peligrosamente el medioambiente poniendo en peligro la habitabilidad futura del planeta. Actualmente, por ejemplo, el carbón suministra el 40% de la energía eléctrica mundial, es el más sucio de los combustibles fósiles, su consumo actual causa el 39% de las emisiones globales de CO_2 . Por lo tanto, se plantea el gran interrogante: ¿Puede haber carbón limpio? Las soluciones serán el resultado de los proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías de carbón limpio (*clean coal technologies*): generación de electricidad capturando la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, tecnologías de transformación del carbón en combustibles líquidos y gas (Alptekin et. al., 2013; World Coal Association [WCA], 2016).

Debido a los incidentes nucleares (Chernóbil, antigua Unión Soviética, 1986; Fukushima, Japón, 2011) y la amenaza que representa el manejo

bélico de los recursos nucleares, la investigación y desarrollo de la energía nuclear ha quedado en manos de las economías avanzadas, esto incluye los reactores nucleares avanzados tanto de fisión como de fusión nuclear, y los nuevos combustibles nucleares (Martínez-Ovalle, Reyes-Caballero, & González-Puin, 2013).

2.2 Efectividad energética

Muchos ejemplos a seguir han sido presentados por las economías avanzadas. Ha habido un aumento en la conservación de la energía mediante la formulación de políticas e incorporación de nuevas tecnologías (materiales y procesos) que han garantizado un eficaz ahorro en el consumo de la energía. Esto ha tenido un impacto inmediato en cuanto a costos y calidad de vida, reflejado en parte en el factor de intensidad energética. Por lo tanto, en este sentido, en las economías emergentes y en desarrollo, mucho puede lograrse mediante un conjunto coordinado de acciones en las que se incluyan los esfuerzos voluntarios, los incentivos económicos, la reglamentación y el desarrollo o transferencia de tecnologías más eficaces en cuanto al empleo y la producción de energía (Bustamante-Zapata, Porto-Pérez, & Hernández-Taboada, 2013).

La pregunta es ¿Cuánta energía podemos ahorrar? Se pueden formular proyectos que permitan desarrollar una estrategia efectiva para lograr, de manera sostenible, una reducción del consumo energético, que contemplen los siguientes objetivos: 1) Toma de datos de los recursos energéticos puestos a disposición, instalación por instalación; 2) En función de los datos obtenidos, elaborar un estudio claro de los consumos, en cada instalación; 3) Formulación de propuestas enfocadas a disminuir el consumo de energía, hay que basarse en los datos y diagramas de flujo obtenidos, e incorporar eficazmente las nuevas tecnologías; 4) Evaluación de las propuestas viables formuladas. 5) Seleccionar la mejor propuesta de optimización y evaluar su aplicación, estando el proceso de producción en marcha.

2.3 Energías renovables

La energía renovable contempla fuentes de energía que implican procesos y materiales susceptibles de renovarse o regenerarse natural o artificialmente. La fuente primaria de muchas de estas energías renovables es la radiación solar. Es aquí donde resulta importante conocer el origen de toda la energía transferida al planeta Tierra; para ello, es necesario revisar los procesos iniciales de la evolución cósmica anterior al origen del sistema solar. En 1965 Penzias y Wilson descubrieron que el Universo está lleno de radiación cósmica de fondo con una temperatura del orden de 2,7 K. La interpretación de este descubrimiento es que el Universo tuvo origen hace años con una gran explosión llamada *Big-Bang*. Tras el *Big-Bang*, el Universo se expande y enfría, la única fuerza unificada de la naturaleza se diversifica en las fuerzas fundamentales que hoy reconocemos: gravedad, electromagnetismo y fuerzas nucleares débil y fuerte. La expansión es la recesión del material que fue producido por la explosión, y la radiación cósmica de fondo son los restos enfriados de la radiación electromagnética que existió en un momento determinado después de la gran explosión. La materia se agrupó para formar galaxias con un número grande de estrellas dentro de ellas (Hawking, 1988; Hawking & Mlodinow, 2010).

Determinar la cantidad total de energía irradiada por todas las estrellas del universo está fuera de nuestro alcance. El espectro de radiación electromagnética de cada estrella depende de qué tan caliente o fría esté. El Sol es un tipo de estrella bastante común, existen millones de ellas mucho más brillantes en nuestra propia galaxia. En el interior del Sol, además de existir una temperatura muy alta (miles de millones de grados), hay también una presión elevada. Electrones, protones y neutrones se mueven a altísimas velocidades; no obstante, estas partículas no escapan del Sol pues son atraídas hacia su centro por la fuerza de gravedad. En estas condiciones, protones y neutrones tienden a unirse, típico proceso de fusión nuclear; dos protones y dos neutrones estrechamente unidos

forman un núcleo de helio; dado que, la masa del núcleo de helio es menor que la masa de los dos protones y de los dos neutrones que lo forman, en el proceso de unión, se transforma una cierta cantidad de masa en energía ¡la masa es una forma de energía!, irradiada en forma de radiación electromagnética.

Puede decirse que la cantidad de energía irradiada por el Sol en un segundo es mayor que la cantidad total de energía utilizada por los seres humanos desde que aparecieron sobre la Tierra. Esta energía se difunde en el espacio y solo una pequeña parte llega a la Tierra. La energía del Sol alimenta a la Tierra tanto en los ciclos biológicos, como los del agua y el clima.

Los organismos vivientes se caracterizan por su capacidad de transferir, transformar y almacenar energía. Los animales absorben la energía de los alimentos, que en el interior de los procesos de la vida se degrada en energía térmica y como tal es luego dispersada en el ambiente circundante. Las plantas tienen la capacidad de regenerar esta energía, ellas cumplen con la llamada función clorofílica, un proceso por el cual parte de la energía de los rayos del Sol que alcanza la planta es fijada por estas en su interior y acumulada en forma de energía química, la cual usan las plantas para su subsistencia y es tomada por los animales que se nutren de ellas.

En un sentido más estricto, se denomina fotosíntesis a la serie de procesos mediante los cuales la mayoría de las plantas y bacterias convierten la energía radiante en energía química dentro de la célula. La fotosíntesis incluye también la utilización subsecuente, tanto de la energía química producida como de ciertos compuestos reducidos, para convertir compuestos inorgánicos estables como el CO_2 en complejos compuestos orgánicos que constituyen la base de la vida. La fotoquímica está muy relacionada con la fotosíntesis de las plantas; Nazimek y Czech (2010), proponen la aplicación de la fotocatalisis para la reducción de CO_2 y la conversión a metanol.

Se entiende por biomasa el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o resultado de la transformación natural o artificial de la misma. La humanidad, desde tiempos remotos, ya la ha utilizado para calentarse, secar productos o cocinar alimentos. El estiércol animal, las cosechas y residuos agrícolas y forestales, y algunas plantas acuáticas, tales como algas, pueden ser convertidos, mediante una serie de procesos, en combustibles limpios u otros recursos energéticos.

La energía hidroeléctrica es la fuente de energía solar más ampliamente utilizada. La radiación solar evapora el agua que después cae en forma de lluvia. El agua de ríos y lagos es detenida por un dique, al caer de cierta altura, transforma su energía potencial en energía cinética que a su vez puede transformarse en energía cinética de rotación de una turbina, que mediante un dinamo o un alternador se transforma en energía eléctrica. Bajo este mismo principio es que se utiliza el potencial de energía de las mareas.

El balance de la energía solar en la atmósfera de la Tierra determina el clima de las distintas regiones, los contrastes de temperatura entre las regiones ecuatorial y polar. Por lo tanto, el viento es energía solar transformada en energía mecánica cuya conversión en energía eléctrica la denominamos energía eólica.

Puede decirse que la energía geotérmica existe en todos los puntos bajo la corteza terrestre, pero en la mayor parte de los sitios el calor es demasiado difuso o demasiado profundo para constituir un recurso energético potencialmente utilizable. Se pueden considerar los recursos consistentes en rocas secas y calientes, los geo-presurizados y los recursos hidrotérmicos.

Es sorprendente la cantidad y variedad de otros medios relacionados con el uso de la energía suministrada por la radiación solar. Van desde sistemas de satélites, colectores de energía montados en torres solares, sistemas de tuberías para calentamiento por absorción de radiación solar,

plantas de generación térmica solar, conversión de la energía térmica del océano, hasta las celdas fotovoltaicas. Permanentemente, se adelantan proyectos de investigación y desarrollo con el objetivo de obtener avances en la efectividad de las celdas fotovoltaicas y se instalan nuevos paneles de celdas fotovoltaicas en instalaciones residenciales, comerciales e industriales.

La pregunta inmediata es: ¿Podrán prontamente los sistemas de energías renovables reemplazar a los combustibles fósiles para cubrir la demanda actual de energía? Aunque para un interés nacional, la contribución combinada correspondiente a las tecnologías de energía renovable sea probablemente menor que la contribución que se obtenga por conservación o por consumo de combustibles fósiles; para un interés local o regional, la contribución de las tecnologías de energía renovable puede ser significativa. Es importante decir que para aprovechar el potencial que brindan las energías renovables se requieren años de estudios de viabilidad e implementación.

4. Conclusiones

El problema energético es complejo, este tema de estudio lo podemos calificar como multidisciplinario. Conviene conocer bien cuáles son las características de la energía y el papel que juega en nuestras vidas. Parece innegable que en las economías emergentes y en desarrollo se han desperdiciado cantidades significativas de energía, y prontamente es necesario tomar medidas razonables de conservación e implementar mecanismos de búsqueda de soluciones que garanticen el suministro de energías estables, accesibles y ambientalmente aceptables.

Referencias

Alptekin, G., Jayaraman, A., Copeland, R., Dietz, S., Bonnema, M., Shaefer, M., & Cesario, M. (2013). Novel warm gas CO₂ capture technology for IGCC power plants. *Preprint of Papers- American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry* 58 (1), 1-2. Re-

cuperado de: http://www.tda.com/Library/docs/Precombustion%20CO2_Preprint.pdf.

Bollen, J., & Brink, C. (2014). Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Economics*, 46, 202-215. doi: 10.1016/j.eneco.2014.08.028

Bustamante-Zapata, L.F., Porto-Pérez, I.A., & Hernández-Taboada, F. (2013). Gestión estratégica de las áreas funcionales de la empresa: una perspectiva competitiva internacional. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4 (1), 56-68. doi: 10.19053/20278306.2607

Energy Information Administration Form U.S. [EIA] (2016). *International Energy Outlook 2016*. Recuperado de: <http://www.eia.gov/forecasts/aeo>.

Ertugrul, H. M., Cetin, M., Seker, F., & Dogan, E. (2016). The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries. *Ecological Indicators*, 67, 543-555. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.03.027

Hawking, S. W., (1988). *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*. Madrid, España: Editorial Crítica, S. A.

Hawking, S., & Mlodinow, L. (2010). *El gran diseño*. Madrid, España: Editorial Crítica, S. A.

International Monetary Fund [IMF] (2015). *World Economic Outlook 2015*. Recuperado de: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/01/weodata/groups.htm>.

Martínez-Bernal, M. S. (2013). Determinación de la productividad y competitividad de la pequeña minería del distrito minero del norte de Boyacá. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3 (2), 72-86. doi: 10.19053/20278306.2168

Martínez-Ovalle, S., Reyes-Caballero, F., & González-Puin, L.X. (2013). Protección radiológica a trabajadores y público en instalaciones que operan radioisótopos industriales. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3 (2), 120-124. doi: 10.19053/20278306.2166

Nazimek, D., & Czech, B. (2010). Artificial photosynthesis-CO₂ towards methanol. *Materials Science and Engineering*, 19, 1-7. doi: 10.1088/1757-899X/19/1/012010

World Coal Association [WCA] (2016). *High efficiency low emission coal*. Recuperado de: www.world-coal.org.

World Energy Council [WEC] (2016). *World energy in 4 minutes*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org>