

# La Olimpiada XXI de Ciencias de la Tierra: Energía

Frez, J. y D. Peralta

División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, Baja California, México

## Presentación

Dada la actualidad del tema, la División de Ciencias de la Tierra del CICESE pensó que la energía en el mundo actual es de tal importancia que amerita ser tema general para las Olimpiadas XXI, ampliando el de la Olimpiada anterior, "Geotermia". Este documento presenta esta sección con generalidades, para proseguir con la Guía de Estudio con un resumen de la materia que los estudiantes participantes usan como base de preparación para la competencia. Enseguida, el texto del examen con los 20 problemas nuevos. Para terminar, presentamos la estadística desde el año 2009 con el número de estudiantes participantes y las tres calificaciones máximas, ambos rubros según las procedencia (municipios) correspondientes.

## Guía de Estudio

### Energía

*"La cuestión no es descubrir cómo producir más y más energía, sino cómo evitar necesitar cada vez mayores cantidades de la misma, aprovechando eficaz y racionalmente las fuentes renovables que nos ofrece la Naturaleza." (Ideario del Centro de Estudios de la Energía Solar, España).*

El tema acerca de los tipos de energía que utiliza la civilización humana tiene una literatura muy amplia. Muchos resúmenes y descripciones detalladas pueden encontrarse fácilmente en Internet, particularmente en Wikipedia, buscando los títulos de los diferentes tipos de energía que, con mayor o menor detalle, aparecen en estas Notas (eólica, solar, geotérmica, marina, saltos de agua, fósiles, nucleares, hidrógeno). También, el interesado puede hacer búsquedas exitosas en YouTube.

## Definiciones Básicas y Generalidades

La energía puede entenderse como el trabajo realizado por un movimiento al vencer a una fuerza. De este modo, energía y trabajo tienen la misma unidad de medida. Según lo anterior, tenemos, en valor absoluto, que

Trabajo = Fuerza x Desplazamiento = Energía;

es decir, necesitamos energía para desplazar un cuerpo en contra de una fuerza que, en principio, lo impide. Debido a su importancia en distintos aspectos de la sociedad humana, existen diversas unidades para medir los correspondientes tipos de energía: caloría, kWh (kilovatio hora), tonelada equivalente de petróleo o de carbón, electronvoltio, ergio, pie por libra, caballo de fuerza por hora, entre otros. Las unidades físicas en los sistemas de unidades estándares son 1 julio = 1 newton x metro (MKS) y 1 ergio = 1 dina x cm (cgs). Llamando potencia a la capacidad para producir trabajo por unidad de tiempo, de donde potencia = energía/tiempo con la unidad más común 1 W = 1 Julio/s = 1 N-m/s (W: vatio o watt; N: newton; s: segundo).

Hay diversos tipos de energía dependiendo del tipo de fuerza asociado: gravitacional, fricción, eléctrico, magnético, calor, eólico, atómica, nuclear fuerte o débil, etc. Quizás la fuerza más universal que impide un desplazamiento es la fricción que aparece cuando un móvil entra en contacto con algún material durante el movimiento; por ejemplo, contacto con el aire de un proyectil o avión; con el asfalto de la carretera, en el caso de un automóvil.

Debemos recordar que la energía, en general, se disipa ya sea por la fricción y porque un cuerpo caliente tiende a enfriarse por la, generalmente, menor temperatura ambiente. Este efecto es también de degradación ya que esta energía disipada ya no se recupera y sólo puede disminuir, por ejemplo, en el diseño de máquinas. No menos importante es que el uso de energía produce residuos que se pueden o no reutilizar, por ejemplo, produciendo abonos o reciclando los desechos para reincorporarlo al ciclo económico.

Lo anterior nos conduce a los dos principios de la termodinámica en que el primero simplemente indica que el calor es una forma de energía y que el total de ella, en sistemas aislados, se conserva. El segundo principio considera lo dicho en el párrafo anterior. Todo proceso de la naturaleza por el cual se transforma calor procedente de un foco caliente en trabajo mecánico requiere la cesión de una parte del calor absorbido a un elemento frío; esa parte de la energía no se aprovecha. Así, la máquina tiene una eficiencia que se mide del modo siguiente:

$$R = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

en que  $Q_2$  es la parte de la energía  $Q_1$  que se disipa y no se aprovecha. La segunda ley de la termodinámica indica una dirección en que los procesos termodinámicos se desarrollan y la imposibilidad de que ocurran en el sentido contrario (por ejemplo, en un problema

puramente mecánico, que una mancha de tinta dispersada en el agua pueda volver a concentrarse en un pequeño volumen). También establece, en algunos casos, la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin pérdidas. De esta forma, la segunda ley impone restricciones para las transferencias de energía que hipotéticamente pudieran llevarse a cabo teniendo en cuenta el primer principio. Esta ley cuantifica la existencia de una magnitud física llamada entropía, de tal manera que, para un sistema aislado (que no intercambia materia ni energía con su entorno), la variación de la entropía siempre debe ser mayor que cero. Podemos visualizar la entropía como la medición del desorden en un sistema y el segundo principio señala la tendencia de sistemas aislados a evolucionar hacia el desorden en su estructura. Como la formación y evolución de los seres vivos lleva la tendencia a un mayor orden, la evolución pareciera ir en dirección opuesta a la señalada por el segundo principio de la termodinámica, lo que se explica porque el sistema "Tierra" no está aislado ya que recibe continuamente energía solar.

Debido a esta ley de la termodinámica, se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos de mayor temperatura hacia los de menor temperatura, hasta lograr un equilibrio térmico. Su aplicación más conocida es la de las máquinas térmicas, que obtienen trabajo mecánico mediante aporte de calor de una fuente o foco caliente, para ceder parte de este calor al foco o sumidero frío. La diferencia entre los dos calores tiene su equivalente en trabajo mecánico. Existen varios enunciados equivalentes para definir este principio, destacándose el de Clausius y el de Kelvin.

Enunciado de Clausius.- No es posible ningún proceso cuyo único resultado sea la extracción de calor de un recipiente a una cierta temperatura y la absorción de una cantidad igual de calor por un recipiente a temperatura más elevada.

Enunciado de Kelvin.- No existe ningún dispositivo que, operando por ciclos, absorba calor de una única fuente (energía absorbida), y lo convierta íntegramente en trabajo (energía útil).

### **Energía Cinética y Potencial**

La energía cinética de una partícula en movimiento se mide por la expresión  $1/2 mv^2$  donde  $m$  es la masa y  $v$  es su velocidad. En el caso de varios cuerpos, la energía cinética total es la suma correspondiente. La energía potencial es aquella que mide la capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo en función de la posición de una carga o configuración de cargas en el campo de fuerzas correspondiente; en el caso de energía potencial elástica, es la energía acumulada en un cuerpo sometido a una deformación elástica. Así, por ejemplo, una masa  $m$  colocada a cierta altura con respecto al nivel del mar tiene la energía potencial gravitatoria correspondiente  $mgh$ , siendo  $h$  la altura y  $g$ , la aceleración de gravedad; esta energía se convierte en cinética  $1/2 mv^2$  en una caída libre. Con estas expresiones, podemos calcular la velocidad a cada altura de un cuerpo en caída libre desde la altura inicial en que estaba en reposo. La energía potencial puede pensarse también como la energía almacenada en un sistema y como una medida del trabajo que ese sistema puede entregar. En las expresiones anteriores, se supone que las alturas son pequeñas con respecto al radio de la Tierra (¿por qué?).

### **Energía y el Planeta Tierra.**

Desde el inicio de la historia humana, hemos utilizado el trabajo de otras personas, de animales, carretas y de otros medios de transporte, además de máquinas para obtener energía útil. Lo anterior significó el uso del conocimiento de cómo funcionan los recursos naturales: viento, calor del sol, ríos, corrientes marinas, etc. para hacer la tarea correspondiente. Por ejemplo, el conocimiento de la secuencia de las estaciones sirve para prever la emigración de animales para

la caza así como para planear la recolección de productos vegetales y, posteriormente en la historia, en las tareas de la agricultura y ganadería. Económicamente, los productos del trabajo humano se obtuvieron e intercambiaron a través de la recolección y del trueque; posteriormente, por el poder de compra, la dominación política-económica y la guerra.

Podemos separar las distintas fuentes de energía de la Tierra en procesos que permitieron el origen de la vida así como la evolución y el mantenimiento individual y colectivo de los seres vivos. Finalmente, los hombres descubrieron que debajo de rocas sedimentarias y volcánicas pueden encontrarse carbón, gases y petróleo, los llamados combustibles fósiles que son de amplio uso.

A partir de la domesticación de animales, perros, gatos, vacunos, ovejas, etc., el hombre no sólo produce evolución (desarrollando razas como las del perro) y selección, sino que aplica lo mismo a vegetales tales como las gramíneas, frutas, papas, etc. El hombre primitivo descubre pronto la rotación de cultivos, una de las primeras medidas para recuperar el ambiente de la explotación depredadora de los recursos naturales. Todo ello, resulta en máquinas y en el nacimiento de la economía desde el trueque y sigue con la invención del dinero, la división del trabajo, salarios, comercio marítimo, por tierra y por aire, además de impuestos, etc.

El uso de fuentes de energía acompaña las primeras etapas de la historia humana desde su búsqueda para propósitos de alimentación (caza y recolección) y sigue con la invención de diversos modos para mantener e incrementar la producción, incluyendo las primeras máquinas aplicables a la economía y a la guerra: ruedas, poleas, palancas, armas de diversos tipos, animales de carga, riego y abonos para la agricultura y cría de ganadería, con la domesticación de animales. Lo anterior lleva a la navegación en ríos, mares y aire.

Los movimientos de nuestro planeta (rotación y traslación) así como la inclinación del eje polar con respecto al plano orbital crea los ciclos de la agricultura y los movimientos de los animales de caza. Alrededor del ciclo de crecimiento y decrecimiento del río Nilo se formó la primera gran civilización, la del antiguo Egipto. En lo que sigue, presentamos un resumen relacionado con las fuentes naturales de energía que son aprovechadas por el hombre: energía solar, eólica, marina, de saltos de agua, geotérmica y de combustibles fósiles (carbón y petróleo).

## Distintos tipos de Energía

### Energía Solar

El sol, fuente de vida y origen de casi todas las demás formas de energía que el ser humano ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar en forma racional la energía que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. Durante el presente año, por ejemplo, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías en continua evolución. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o limpias.

Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar.

Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

La Tierra recibe 174 petavatios (1 peta= $10^5$ ) de radiación solar entrante desde la capa más alta de la atmósfera. Aproximadamente, el 30% regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben la restante. El espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre lo ocupa principalmente la luz visible y los rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta. La fotosíntesis (*defina fotosíntesis*) captura aproximadamente 3000 EJ por año en biomasa, lo que representa solo el 0,08 % de la energía recibida por la Tierra (1 Exajoule = 1EJ =  $10^5$  joules).

### Clasificación por tecnologías y el correspondiente uso más general

**Energía solar activa:** para uso a) de baja temperatura (entre 35°C y 60°C), se utiliza en casas; b) de media temperatura, alcanza los 300°C; y c) de alta temperatura, llega a alcanzar los 2000°C. Esta última, se consigue al incidir los rayos solares en espejos, que van dirigidos a un reflector que lleva a los rayos a un punto concreto. También puede ser por centrales de torres y por espejos parabólicos.

**Energía solar pasiva:** Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.

**Energía solar térmica:** Es usada directamente para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y de calefacción.

**Energía solar fotovoltaica:** Es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.

**Energía termosolar de concentración:** Produce electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico).

**Energía solar híbrida:** Combina la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación:

**Renovable:** por ejemplo, si se combina con energía eólica.

**No renovable:** si se combina con combustible fósil.

**Energía eólica solar:** funciona con el aire calentado por el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

Según informes de Greenpeace, la fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030. Y según un estudio publicado en 2007 por el Consejo Mundial de Energía, para el año 2100 el 70% de la energía consumida será de origen solar. (El estudiante puede averiguar en Wikipedia la tendencia a la baja de los precios de la energía solar fotovoltaica).

A finales de 2015, se habían instalado en todo el mundo cerca de 230 GW de potencia fotovoltaica, convirtiendo a la fotovoltaica en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica, y supone ya una fracción significativa en la Unión Europea, cubriendo, en promedio, el 3.5% de la demanda de electricidad y alcanzando el 7% en los períodos de mayor producción (*Averigue el valor de 1 GW o del factor 1G*).

### **Energía Eólica.**

La energía eólica es una energía renovable madura ya que la tecnología se encuentra a niveles de desarrollo avanzado. Muchos países en el mundo, incluyendo a México, están apostándole fuertemente a esta tecnología para

lograr producir al menos el 35% de su energía a través de fuentes renovables para 2024. Sin embargo, para poder maximizar el rendimiento de turbinas eólicas, es importante seleccionar los sitios de desarrollo de forma cuidadosa, como se indica en uno de los videos que se menciona más abajo. (*Investiguen las características de los vientos en zonas costeras (entre 3 km tierra adentro y 20 km mar adentro, con referencia a la línea de costa) y expliquen por qué en zonas costeras bien seleccionadas, la energía producida podría llegar a ser dos veces mayor que tierra adentro*).

Las primeras referencias de este recurso natural se relacionan con embarcaciones egipcias del siglo V AC y con otras culturas antiguas como la china, babilónica y persa, que la empleaban en las molindas y sistemas de riego. Después, los europeos introdujeron cambios en el diseño de los molinos, extendiéndose su uso por todo el mundo occidental. Junto al florecimiento de las civilizaciones, la fuerza del viento impulsa grandes embarcaciones, sistemas de riego y molinos.

La energía eólica es una energía renovable madura ya que la tecnología se encuentra a niveles de desarrollo avanzado. Para entender cómo se produce energía a través del viento, pueden ver los siguientes dos videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=pO3bTdbdtFU>

<https://www.youtube.com/watch?v=UV3yLeu4OAY>

#### **¿Cómo se aprovecha?**

Se usa para generar movimiento en algunas maquinarias. La energía eólica mueve una hélice que a su vez hace girar un rotor de generador, produciendo energía eléctrica, en este caso se habla de aerogeneradores.

Cuando se conecta a una bomba, se tiene un molino con los mismos principios de los

molinos de viento más antiguos que se conocen y cuyos pioneros fueron los persas. También se han creado las aerobombas y los molinos multipala, que extraen agua de los pozos sin otra intervención que la fuerza de los vientos.

Existen, asimismo, aerogeneradores que funcionan de forma aislada, para atender la demanda de energía en pequeñas comunidades agrícolas (riego, bombeo) e incluso con aplicaciones domésticas (aparatos eléctricos e iluminación) en lugares apartados.

### Ventajas

La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a reducir el cambio climático. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.

Es una de las fuentes más baratas, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran el costo de reparar los daños medioambientales.

Generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o en erosión, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos, o grandes

movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni a la lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Cada kW/h de electricidad, generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

0,60 kg	CO <sub>2</sub> , dióxido de carbono
1,33 gr	SO <sub>2</sub> , dióxido de azufre
1,67 gr	NO, óxido de nitrógeno.

La electricidad producida por un aerogenerador evita que se quemen diariamente miles de kilogramos de lignito negro en una central térmica. Es renovable y abundante.

En resumen,

- No utiliza combustión, por lo tanto es una energía económica

- Es limpia, no contamina

- Aprovecha las zonas áridas por su topografía

- No daña el suelo y sus fines agrícolas o ganaderos

- Genera empleo

- Garantiza autonomía por más de 80 horas, sin conexión a redes de suministro

- Es segura y confiable

- Ahorra gasto de combustible en centrales térmicas y/o hidroeléctricas

- Su impacto ambiental es bajo

La energía eólica es independiente de cualquier política o relación comercial; se obtiene en forma mecánica y, por tanto, es directamente utilizable. En cuanto a su transformación en electricidad, ésta se realiza con un rendimiento excelente y no a través de aparatos termodinámicos con un rendimiento de Carnot siempre pequeño.

Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

### Desventajas

Es discontinua, su intensidad y dirección cambian repentinamente

Depende de fuentes tradicionales para su funcionamiento

Las centrales térmicas de respaldo aumentan el consumo energético

Requiere cables de alta tensión cuatro veces más gruesos para evacuar la producción

La fluctuación en la intensidad del viento produce apagones y daños

No es almacenable

Presenta serios inconvenientes de carácter técnico en su producción

### Incidencias ambientales

La necesidad de centrales térmicas genera emisiones de dióxido de carbono

Algunos parques ocupan zonas protegidas

Los aerogeneradores afectan muchas rutas migratorias de aves y murciélagos

Se produce un choque visual y paisajístico al entrar en contraste los elementos naturales horizontales con los aerogeneradores verticales y se crea el denominado efecto discoteca, que se produce con la proyección del Sol detrás de los molinos

Produce contaminación sónica.

### Cálculo de la energía eólica

La energía eólica es la energía cinética de las partículas de aire que se mueven con una velocidad  $v$ . Una superficie circular de radio  $r$ , perpendicular a la dirección del viento, es atravesada durante un tiempo  $t$  por la siguiente masa de aire  $m = \rho V = \rho A v t = \rho \pi r^2 v t$

Por lo tanto, la energía cinética del aire es

$$E_{cinética} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{\pi}{2} \rho r^2 t v^3$$

con la correspondiente potencia

$$P_{viento} = \frac{E_{cinética}}{t} = \frac{\pi}{2} \rho r^2 v^3$$

Lo que nos hace prestar atención a que la potencia eólica depende del cubo de la velocidad del aire. Por lo tanto, la velocidad es el factor más importante a la hora de calcular la energía eólica.

La energía eólica se mide en Kilowatios hora (KWh) o Megawatios hora (MWh), junto con el tiempo en que se ha hecho la medición (hora, día, mes, ...). Kilo =  $10^3$ ; Mega =  $10^6$ .

La electricidad producida por un aerogenerador evita que se quemem diariamente miles de kilogramos de lignito negro en una central térmica. Un típico generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar diariamente 1,000 kg de petróleo. Al no quemarse, se evita la emisión de 4,109 kg de  $CO_2$ , lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Se impide la emisión de 66 kg de dióxido de azufre  $-SO_2-$  y de 10 kg de óxido de nitrógeno  $-NO-$  principales causantes de la lluvia ácida (*¿qué es la lluvia ácida?*).

Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

La energía eólica es una energía renovable madura ya que la tecnología se encuentra a niveles de desarrollo avanzado. Muchos países en el mundo, incluyendo a México, están apostando fuertemente a esta tecnología para lograr producir al menos el 35% de su energía a través de fuentes renovables para 2024. Sin embargo, para poder maximizar el rendimiento de turbinas eólicas, es importante seleccionar los sitios de desarrollo de forma cuidadosa, como se indica en el video. Investiguen las características de los vientos en zonas costeras (entre 3 km tierra adentro y 20 km mar adentro, con referencia a la línea de costa) y expliquen por qué en zonas costeras bien seleccionadas, la energía producida podría llegar a ser dos veces mayor que tierra adentro.

## Saltos de Agua

Se denomina energía hidráulica, energía hídrica o hidro-energía a aquella que proviene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas. Se puede transformar a muy diferentes escalas. Existen, desde hace siglos, pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río, con una pequeña represa, mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de represas. Es, en general, considerada un tipo de energía renovable puesto que no emite productos contaminantes. Sin embargo, produce un gran impacto ambiental debido a la construcción de las presas, que inundan grandes superficies de terreno, modifican el caudal del río y la calidad del agua.

### Ventajas:

Se trata de una energía renovable de alto rendimiento energético.

Debido al ciclo del agua su disponibilidad es inagotable.

Es una energía limpia puesto que no produce emisiones tóxicas durante su funcionamiento.

Además, los embalses que se construyen para generar energía hidráulica:

Permiten el almacenamiento de agua para la realización de actividades recreativas y el abastecimiento de sistemas de riego.

Pueden regular el caudal del río evitando inundaciones en el caso de crecidas inusuales.

La gran ventaja de la energía hidráulica o hidroeléctrica es la eliminación de combustibles. El costo de operar una planta hidráulica es casi inmune a la volatilidad de los precios de combustibles fósiles como petróleo, el carbón o el gas natural evitando la necesidad de importar

combustibles de otros países.

Las plantas hidráulicas también tienden a tener vidas económicas más largas que las plantas eléctricas que utilizan combustibles. Hay plantas hidráulicas que siguen operando después de 50 a 99 años. Los costos de operación son bajos porque las plantas están automatizadas y necesitan pocas personas para su operación normal.

Como las plantas hidráulicas no queman combustibles, no producen directamente dióxido de carbono. Muy poco CO<sub>2</sub> es producido durante el periodo de construcción de las plantas, especialmente en comparación a las emisiones de una planta equivalente que quema combustibles.

### Desventajas:

La construcción de grandes embalses puede significar la inundación de grandes y útiles extensiones de terreno, obviamente en función de la topografía del terreno, lo que podría significar pérdida de tierras fértiles y daño al ecosistema.

En el pasado, se han construido embalses que han inundado pueblos enteros. Con el crecimiento de la conciencia ambiental, estos hechos son actualmente menos frecuentes.

En cuanto a destrucción de la naturaleza, las presas y embalses pueden ser destructivos a los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, hay estudios que muestran que las presas en las costas de Norteamérica han reducido las poblaciones de trucha septentrional común que necesitan migrar a ciertos lugares para reproducirse. Hay estudios buscando soluciones a este tipo de problema. Un ejemplo es la invención de un tipo de escalera para los peces.

Cambia los ecosistemas en el río, aguas abajo. El agua que sale de las turbinas no tiene prácticamente sedimento. Esto puede resultar



en erosión de los márgenes de los ríos.

Cuando las turbinas se abren y cierran repetidas veces, el caudal del río se puede modificar drásticamente causando una dramática alteración en los ecosistemas.

### **Energía geotérmica**

Los sistemas geotérmicos se encuentran en diversos ambientes geológicos. Los de tipo hidrotermal usualmente están relacionados con actividad volcánica y/o sísmica reciente y suelen hallarse cerca de los límites de las placas tectónicas o bien en puntos calientes ubicados fuera de esos límites.

Como es bien sabido, el calor se transmite por conducción, convección y radiación (el estudiante debe revisar estos medios de transmisión).

Nota. “Energía térmica” fue el tema de las Olimpiadas de 2015 (XX Olimpiada). Los estudiantes pueden consultar la correspondiente guía en el sitio de la UGM

(<http://olimpiadas.ugm.org.mx/index.php?page=olimpiadas-xx>).

### **Energía Mareomotriz**

La energía mareomotriz es la que se obtiene aprovechando las mareas mediante su empalme a un alternador que se utiliza para generar electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más segura y aprovechable. Es un tipo de energía renovable, ya que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación y es limpia ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido un aprovechamiento significativo de este tipo de

energía. Otras fuentes posibles para extraer energía del mar son las olas, de la diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano, el gradiente térmico oceánico, de la salinidad, de las corrientes marinas y de la energía eólica marina.

Los generadores de corriente de marea hacen uso de la energía cinética del agua en movimiento en las turbinas de la energía, de manera similar al viento (aire en movimiento) que utilizan las turbinas eólicas. Este método está ganando popularidad debido a los costos más bajos y a un menor impacto ecológico en comparación con las presas de marea, las que ocasionan que el agua suba 10 metros a nivel del mar sobre lo normal. Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura entre las mareas altas y bajas. Estas presas son esencialmente diques en todo el ancho de un estuario, y sufren los altos costos de la infraestructura civil, la escasez mundial de sitios viables y cuestionamientos ambientales.

El siguiente video introduce un número importante de tecnologías de conversión de energía marina: <https://www.youtube.com/watch?v=24iUw3Kml5c>. Busquen información que les permita explicar cuáles son los mecanismos de transformación a energía eléctrica. Investiguen el potencial energético marino del país para las diferentes fuentes de energía que se mencionan (mareomotriz, corrientes marinas, corrientes de marea, gradientes de salinidad, gradientes de temperatura, energía eólica de altamar y producción de biocombustibles a partir de algas marinas). Elaboren sobre posibles recomendaciones que ayudarían a acelerar el desarrollo y/o implementación de estas tecnologías en México. Por ejemplo, estudien documentos sobre la transición energética y las reformas a las leyes, y cómo permitirían alcanzar los objetivos de generación de energía por tecnologías limpias, o de qué manera ayudan a la implementación de la iniciativa de la ONU de acceso equitativo a energía moderna y mitigación

de cambio climático (ver página de noticias de la ONU: <http://www.un.org/news/> ).

## Combustibles Fósiles

Constituyen actualmente la principal fuente de fuentes de energía. Se han convertido en sinónimo de la vida industrial moderna desde el siglo XIX por sus múltiples aplicaciones en una enorme variedad de productos y servicios que utilizan las personas en su vida común. Plantas y animales prehistóricos poblaron el planeta hace cientos de millones de años, en medio de un clima más cálido que el actual y acompañados de organismos oceánicos. Tras la muerte de todas aquellas plantas y seres prehistóricos, sus cuerpos se descompusieron, quedando enterrados bajo capas de lodo, arena y roca. Con el paso del tiempo, la exposición al calor y la presión en la corteza terrestre formaron lo que ahora conocemos como un combustible fósil.

Existen tres tipos principales de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.

**Carbón.** Mayormente, las plantas terrestres forman el carbón, el primer combustible fósil que se usó. Es un recurso abundante en el planeta y está compuesto en su mayor parte por carbono. Se obtiene por medio de la minería de superficie o de profundidad. Tiene varias ventajas, incluyendo la posibilidad de modificarlo. Por ejemplo, puede licuarse para producir aceite crudo sintético, o ser gasificado para formar un combustible parecido al gas natural.

**Petróleo.** Está compuesto por una mezcla de hidrocarburos, oxígeno, nitrógeno y una pequeña cantidad de azufre. Se trata de un combustible líquido que incluye a todos los combustibles fósiles de hidrocarburos líquidos y puede referirse al crudo o a los productos derivados hechos del petróleo crudo refinado. Se recupera por medio de la perforación de pozos a través de barreras de roca no porosas, que retienen el petróleo.

**Gas natural.** Es una mezcla incolora de gases de hidrocarburos compuesta principalmente de metano. Es el último combustible fósil utilizado y es una importante fuente de energía. Es necesario perforar las reservas subterráneas para adquirirlo y, después de ello, se almacena en grandes cavernas para usarlo cuando es necesario.

Los combustibles fósiles son fuente de energía básica en el sector industrial. Tienen aplicaciones en: a) la industria del transporte porque proveen energía a los autos, aviones y barcos para moverse, en la industria energética debido a su uso como recurso que genera electricidad y hasta en la industria cosmética porque muchísimos productos, como cremas, jabones, perfumes y otros cosméticos, contienen algún derivado de combustibles fósiles. El petróleo puede convertirse en fertilizantes, en ropa, en cepillos de dientes y en gasolina. Son también útiles en empresas y hogares para calentarse y cocinar. El carbón, un recurso al alcance de casi cualquier persona, se utiliza como fuente de energía para la calefacción de los hogares y para preparar comida.

**Ventajas de los combustibles fósiles.** El hecho de que su uso sea tan extendido entraña una serie de ventajas importantes para continuar con la extracción y aplicación de los combustibles fósiles. La primera, y quizá más importante, reside en la abundancia y accesibilidad de las reservas, por lo que las plantas de energía eléctrica pueden proveer una gran cantidad de electricidad para todo el mundo. También proporcionan bastante energía a un costo relativamente bajo y su transporte es básicamente poco complicado.

**Desventajas de los combustibles fósiles.** Cuando se queman, los combustibles fósiles liberan a la atmósfera altos niveles de dióxido de carbono, que es uno de los principales factores que conducen a la contaminación del aire y al cambio climático. Uno de los recursos más problemáticos es el carbón, pues la liberación

de los contaminantes por causa de su quema se precipitan a la Tierra como lluvia ácida. Por otra parte, preocupa su condición no renovable pues, aunque se renuevan en forma natural, es por medio de un proceso que tarda millones de años y no puede ser reemplazado para uso de las generaciones más próximas.

### **Combustibles Nucleares**

(Vean <http://www.bioenciclopedia.com/combustibles-nucleares/>)

Los combustibles nucleares son materiales que pueden ser “quemados” por fisión o fusión nuclear para producir energía. La energía nuclear es aquella que se libera mediante la división o unión de los núcleos atómicos. La fisión consiste en un proceso de desintegración radioactiva en el cual el núcleo de una partícula se divide en núcleos más ligeros, lo que produce neutrones y fotones libres y libera muchísima energía. La fusión es una reacción nuclear en la que dos o más núcleos atómicos chocan a velocidades rápidas y se unen, formando un nuevo tipo de núcleo atómico. Los principales combustibles nucleares son el uranio y el plutonio, que son metales radioactivos.

Actualmente, la energía nuclear provee el 10% de la electricidad en todo el mundo, necesaria para los sectores industriales, económicos y para el ámbito doméstico. La medicina usa la energía nuclear en el diagnóstico y tratamiento de algunas patologías, mediante el uso de la radiación, por ejemplo, del cáncer.

**Ventajas de los combustibles nucleares.** Este tipo de combustible no produce dióxido de carbono ni dióxido de azufre, y ésta es la principal ventaja de su uso. En adición, una planta nuclear generadora de electricidad requiere menos espacio que otras centrales y es la única industria energética que adquiere toda la responsabilidad sobre sus desechos. La última ventaja es bastante razonable si se toma en cuenta el enorme poder de la energía nuclear.

**Desventajas de los combustibles nucleares.** En caso de accidentes, pueden liberarse grandes cantidades de material radioactivo peligroso para la salud de los seres vivos. Desde esta perspectiva, el almacenamiento de los combustibles y de los materiales radioactivos debe ser muy cuidadoso. Dos ejemplos de accidentes ocurridos en plantas con fuertes daños humanos son los desastres de Chernóbil (Ukrania) en 1986 y de Fukushima (Japón) en 2011.

Vean en:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl\\_disaster](http://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster)  
[www.youtube.com/watch?v=vBk0Y6cQZQ](http://www.youtube.com/watch?v=vBk0Y6cQZQ)

El desastre que ocurrió en Japón fue causado por un terremoto de magnitud 8.9, el 11 de marzo del 2011; el de Chernóbil, que constituye uno de los mayores desastres medioambientales de la historia, arrojó materiales radiactivos y/o tóxicos que se estima fue unas 500 veces mayor que el liberado por la bomba atómica arrojada en Hiroshima en 1945, causó directamente la muerte de 31 personas y forzó al gobierno a la evacuación repentina de 116 000 personas.

Una desventaja no menos importante, es que son recursos no renovables, es decir, su permanencia y disponibilidad corren peligro si son sobreexplotados.

**Futuro de los combustibles nucleares.** El futuro de los combustibles nucleares al parecer está en “veremos”. Sus potenciales riesgos y el no ser renovables conforman razones para no creer en su uso a gran escala. Por ejemplo, la revista Forbes mencionó en 2013 que los reactores no son fuente viable de nuevo poder y su factibilidad es escasa en vista de a) los altos costos que implican, b) la oposición política y popular y c) la incertidumbre sobre su regulación. Desde 2007, la generación anual de la energía nuclear se ha reducido ligeramente y en 2008 no hubo una sola planta nueva de energía nuclear que se haya conectado a la red eléctrica. Al parecer,

la tendencia es una disminución del uso de los combustibles nucleares.

### **Tecnología del Hidrógeno**

El hidrógeno fue descubierto por el científico británico Henry Cavendish en 1776, quien informó de un experimento en el que había obtenido agua a partir de la combinación de oxígeno e hidrógeno, con la ayuda de una chispa eléctrica. Estos elementos no eran conocidos. El químico francés Antoine Laurent Lavoisier consiguió repetir con éxito el experimento en 1785 y dio el nombre de oxígeno al “aire sustentador de la vida” y el de hidrógeno al “aire inflamable”. El hidrógeno es el elemento más ligero, más básico y más ubicuo del universo. Contiene energía y puede ser almacenado en forma líquida o gaseosa. Es 14 veces más ligero que el aire, incoloro, inodoro y no tóxico, ya que el único resultado de su combustión es agua. Cuando se utiliza como fuente de energía, se convierte en el combustible eterno. Nunca se termina y, como no contiene átomos de carbono, no emite dióxido de carbono. El hidrógeno se encuentra repartido por todo el planeta: en el agua, en los combustibles fósiles y en los seres vivos. Sin embargo, raramente aparece en estado libre en la naturaleza, por lo que tiene que ser extraído de fuentes naturales. La fuente más común de hidrógeno es el agua de donde, por descomposición química, se obtiene oxígeno e hidrógeno a partir de la acción de una corriente eléctrica (electrólisis) y generada por fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica, eólica, etc.). Este proceso divide el agua, produciendo oxígeno puro e hidrógeno. El hidrógeno obtenido puede ser comprimido y almacenado en celdas por varios meses hasta que se necesite. El hidrógeno representa energía almacenada, se puede quemar como cualquier combustible para producir calor, impulsar un motor o producir electricidad en una turbina.

### **Ventajas de la Tecnología del Hidrógeno**

No produce contaminación ni consume recursos naturales: El hidrógeno se toma del agua y luego, se oxida y forma agua. Así, los productos de desecho de este proceso son sólo calor y agua inofensiva, sin productos secundarios tóxicos. Reduciría las emisiones de dióxido de carbono mitigando los efectos del calentamiento global. Teóricamente, la pila de combustible disocia la molécula de hidrógeno ( $H_2$ ), dando como resultado dos iones de hidrógeno y dos electrones. El hidrógeno resultante se convierte en agua al asociarse con el oxígeno y el resultado es un combustible y un motor que no deja residuos contaminantes. (Averigüe la diferencia entre las pilas convencionales y las pilas de combustible).

Es muy seguro: Los sistemas de hidrógeno tienen una historia de seguridad impresionante. En general, el hidrógeno, en contraste con cualquier otro combustible, se disipa rápidamente en la atmósfera y si se fuga, no es tóxico.

Tiene alta eficiencia: Las celdas de combustible convierten la energía química directamente en electricidad con mayor eficiencia que ningún otro sistema de energía. La eficiencia de las pilas de combustible se sitúa entre el 40% y el 50%, mientras que los motores de combustión cifran su eficiencia en torno al 16% y los eléctricos, en el 70%.

Tiene un funcionamiento silencioso: En funcionamiento normal, la celda de combustible es casi absolutamente silenciosa.

Larga vida y poco mantenimiento: Aunque las celdas de combustible todavía no han comprobado la extensión de su vida útil, probablemente tendrán una vida significativamente más larga que las máquinas que reemplacen.

Permite la modularidad: Se pueden elaborar las celdas de combustible en cualquier tamaño, tan pequeñas como para impulsar una carretilla de golf o tan grandes como para generar energía

para una comunidad entera. Esta modularidad permite aumentar la energía de los sistemas según los crecimientos de la demanda energética, reduciendo drásticamente los costos iniciales.

Elimina juego geopolítico. La economía del hidrógeno posibilita una enorme redistribución del poder a nivel mundial ya que tiene el potencial de poner fin a la dependencia que el mundo tiene del petróleo importado y de ayudar a eliminar el peligroso juego geopolítico que se está dando entre los países musulmanes y los países occidentales. Dado que es tan abundante y existe en todas partes del mundo, todos los seres humanos dispondrán de energía.

*(Los estudiantes pueden averiguar en Internet resultados relacionados con modelos de automóviles cuyos motores funcionan con el ciclo del hidrógeno. El modelo Miray de Toyota es uno de ellos).*

### **Medio Ambiente y Generación de Energía Eléctrica**

(Los estudiantes pueden consultar en Wikipedia al artículo "Preocupaciones medioambientales con la generación de energía eléctrica").

### **Energía, la Tierra, Calentamiento Global y el Efecto Invernadero**

(El último número de "National Geographic" en castellano -Mayo 2016- está dedicado al tema "El Desafío del Clima. Calentamiento global; -cómo vivir con él y cómo arreglarlo" donde se ofrece una descripción del tema).

#### **El efecto invernadero**

Es un proceso en el que la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida por ciertos gases y es re-irradiada en todas las direcciones. Ya que parte de esta re-irradiación es devuelta hacia la superficie y la atmósfera inferior, resulta en un incremento de la temperatura superficial media respecto a lo que habría en ausencia del efecto invernadero. Pero, sin CO<sub>2</sub> ni

vapor de agua, la temperatura media de la Tierra sería unos 33°C menos, del orden de 18°C bajo cero, lo que haría inviable la vida. Por otro lado, las actividades humanas, principalmente el uso de combustibles fósiles y la tala de bosques, han intensificado el fenómeno natural, causando un calentamiento global. Los denominados gases, responsables del efecto descrito son: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), ozono (O<sub>3</sub>) y clorofluorocarbonos (CFC). Salvo este último, los demás existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre.

Así del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera, a) sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, b) un 30% permanecerá varios siglos y c) el 20% restante durará varios miles de años. La concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico se ha incrementado desde la época preindustrial (año 1750) desde 280 ppm a 379 ppm en 2005. Se estima que 2/3 de las emisiones proceden de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 1/3, del cambio en la utilización del suelo, incluida la deforestación. Del total emitido, sólo el 45% permanece en la atmósfera, sobre el 30% es absorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la biosfera terrestre. Por tanto, no solo la atmósfera está aumentando su concentración de CO<sub>2</sub>, también está ocurriendo en los océanos y en la biosfera. Desde la Revolución Industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el CO<sub>2</sub>, principal responsable del efecto invernadero.

En diciembre pasado, se reunieron representantes de 195 países en París, Francia, para tratar de asegurar el buen éxito de una lucha contra el cambio climático, después de 20 reuniones

anteriores, sin ningún cambio significativo en las emisiones de  $\text{CO}_2$ . Desde 1992 hemos añadido tanto a la atmósfera como el agregado durante todo el siglo anterior. Por el deshielo de la cubierta de hielo de la Antártida occidental, se pronostica que el nivel del mar aumentará 1.3 m. Los dos mayores emisores –China y EEUU- han anunciado un acuerdo para reducir las emisiones que resultan de la quema de combustibles fósiles. En 2014 China quemó, por vez primera en este siglo, menos carbón mineral. La reunión en París envió un claro mensaje al sector empresarial de donde surgen intereses económicos contrapuestos.

Las soluciones en busca de eficiencia y uso de fuentes de energía no contaminantes se trasladan al rediseño de casa, ciudades, países y del mundo. El diseño de vehículos más eficientes, el aprovechamiento de basura para generar energía, la reducción de la pérdida forestal para convertirla en terrenos cultivables (selva de Amazonas, por ejemplo), la disminución de emisión por los sistemas de calefacción, la reducción del costo de la energía solar y eólica así como la eliminación de fugas con el uso de tuberías anticorrosivas juegan también un papel fundamental. Los convenios internacionales son controlados por el CAT (Climate Action Tracker) que evalúa a las principales naciones, en cuanto al cumplimiento de metas y de acuerdo a su realidad, como emisores de gases de efecto invernadero. En varios países europeos (Países Bajos, Bélgica, Noruega), han surgido movimientos ciudadanos que controlan las metas de emisión y solicitan su reducción. Los controles de países como EEUU son criticados por considerarse bajos tomkando en cuenta el volumen de contaminantes que emiten. La meta es reducir el calentamiento global a  $2^\circ$  para 2100, desde la actual predicción de  $4.5^\circ$ . Aunque Alemania extrae en una sola mina 20 millones de toneladas de lignito al año, las fuentes de energía renovable son implantadas y se cierran las de fuente nuclear, en gran medida por la acción ciudadana. Actualmente, el 27% de la electricidad proviene de recursos renovables.

El objetivo es que llegue por lo menos al 80% para 2050, aunque ello signifique un alza en el costo correspondiente, lo que la ciudadanía parece estar dispuesta a pagar.

## Problemas.

Nota. Los siguientes son los 20 problemas nuevos para esta Olimpiada. Algunos, tienen una parte del texto en cursivas para enfatizar una propiedad a considerar en la respuesta.

1. Considere una aspa que genera viento y que se mueve con velocidad  $v$  que es perpendicular a un área circular de radio  $r$ ; entonces, la masa de densidad  $\rho$  que se traslada en un tiempo  $t$  en esa dirección tiene una energía cinética igual a:

a)  $\pi/2 \rho v^3 r^2 t$

b)  $1/2 mv^2$

c) ambas expresiones anteriores son equivalentes

d) ambas expresiones están equivocadas.

2. Encuentre la ecuación para la potencia  $P$  que utiliza el resultado de la pregunta anterior para la energía cinética. Compare con la siguiente:  $P=0.393 \cdot \rho \cdot d^2 \cdot v^3$ , donde  $d$  es el diámetro del círculo. Usted concluye específicamente que:

a) ambas expresiones no se corresponden una con otra

b) sí; se corresponden, pero no usan las mismas unidades

c) ambas son totalmente equivalentes;

d) la expresión para la potencia no tiene la unidad física correspondiente

3. Suponga un calentador eléctrico que tiene un rendimiento del 0.80% y que gasta 35 Watt durante  $\frac{1}{2}$  hora. Entonces la energía calórica disipada es:

- a) 12600 Joule      b) 6300 J
- c) 50400 J         d) 123480 J

4. Una densa y permanente cantidad de nubes

- a) aumenta el efecto invernadero
- b) enfría la superficie de la Tierra
- c) no produce ninguno de los dos efectos
- d) implica una erupción volcánica en algún punto de la Tierra.

5. Recuerde que la unidad de energía en el sistema MKS (metro-kilogramo-segundo) es el Joule y en el sistema cgs (centímetro-gramo-segundo) es el erg. De lo anterior, concluimos que:

- a) 1 Joule = 105 erg
- b) 1 Joule =  $9.8 \cdot 10^5$  erg
- c) 1erg =  $10^{-7}$  Joule
- d) 1Joule =  $9.8 \cdot 10^7$  erg

6. El uso de energía contaminante se explica principalmente porque

a) el petróleo y el carbón son relativamente más baratos y simples de producir que las energías alternativas

b) hay países que entraron tardíamente a su desarrollo industrial con respecto a países con economías avanzadas

c) no hay un desarrollo tecnológico suficiente para producir energía no-contaminante

d) por imposición de la industria del petróleo

7. El mantenimiento del uso de unidades inglesas como el pie y la libra se contrapone fundamentalmente al uso de unidades MKS o cgs porque

a) una tradición nacional en países de habla inglesa

b) El costo económico de introducir el cambio de unidades en la industria manufacturera de los países de habla inglesa

c) las unidades inglesas son más fáciles de utilizar que las métricas

d) hay razones políticas que provienen del tiempo de Napoleón Bonaparte.

8. El segundo principio de la termodinámica se refiere esencialmente a la degradación de la energía al convertirse en calor. En esta última forma, se disipa y disemina en el sistema. Por ejemplo, la energía eléctrica se degrada

a) al emitir ondas

b) al calentar resistencias de diversos tipos

c) por la vibración de electrones

d) por la emisión de electrones.

9. Una mega-erupción volcánica produce fundamentalmente

a) calentamiento de la atmósfera

b) enfriamiento de la Tierra

c) efecto invernadero

d) terremotos.

10. *Políticamente*, el uso del petróleo produce

a) contaminación de la atmósfera

b) uso de una energía barata

c) dominio de empresas transnacionales sobre países productores

d) tendencia a producir nefastos derrames de petróleo.

11. La mayor dificultad para utilizar el hidrógeno como fuente de energía es

- a) su costo
- b) tecnológica
- c) la falta de interés de la industria automovilística para su aplicación
- d) la contaminación de la atmósfera.

12. Un ejemplo de uso de la energía potencial para generar electricidad es la fuente

- a) eólica
- b) geotérmica
- c) de saltos de agua
- d) solar

13. Si 1 pie = 0.3048 m, 1 libra = 0.4536 kgr (la libra y el kilogramo miden masa; no peso), entonces, la energía de una libra-pie es igual a

- a) 1.3549 Joul
- b) 1.3549 erg
- c)  $1.3549 \cdot 10^7$  erg
- d) 0,1383 Joul

14. Suponga que  $\frac{2}{3}$  de la superficie de la Tierra es superficie oceánica. Tome a nuestro planeta como una esfera con un radio de 6371 km. Calcule el volumen de agua que se deshiela en  $\text{km}^3$ , despreciando la evaporación y si el nivel del océano sube 1 m.

- a)  $8.124 \cdot 10^6 \text{ km}^3$
- b)  $8.290 \cdot 10^7 \text{ km}^3$
- c)  $8.632 \cdot 10^4 \text{ km}^3$
- d)  $8.501 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

15. Parte del  $\text{CO}_2$  que elimina la civilización es absorbida por el océano porque el carbono es utilizado en la fotosíntesis de las algas. Un alto porcentaje de este  $\text{CO}_2$  finalmente

- a) es devuelto a la atmósfera al descomponerse las algas
- b) pasa a los animales marinos que consumen las algas
- c) se deposita en el fondo del mar
- d) es depositado en las playas.

16. Suponga que usted se pesa y obtiene un valor de 82 kgr. De lo anterior, se deduce que su masa es aproximadamente

- a) 82 kgr-masa
- b) 8.2 kgr-masa
- c) 8.4 kr-masa
- d) 803.6 kgr-masa

17. Teóricamente, la evolución de los seres vivos

a) no es posible, ya que se opone al segundo principio de la termodinámica que niega la posibilidad del desarrollo de organismos cada vez más complejos/ordenados en un sistema (la Tierra) aislado

b) es posible porque la Tierra no es un sistema aislado ya que recibe energía del Sol que es el principal motor de la vida en la Tierra además de recibir rayos cósmicos que permiten variaciones genéticas

c) el segundo principio de la termodinámica no es aplicable al entendimiento de la evolución de los seres vivos

d) no hay evolución.

18. Independientemente de dificultades técnicas y políticas, señale cual método que disminuye el calentamiento de la Tierra le parece más humano, completo e independiente del costo:

- a) Incremento de nubes marinas
- b) Reforestación
- c) Envío de aerosoles (pequeños discos que reflejan la radiación solar)
- d) Grandes ciudades con poblaciones muy concentradas en edificios altos.



19. La fotosíntesis requiere  $3000 \cdot 10^{15}$  Joules al año lo que representa el 0,08% de la radiación que recibe la superficie de la Tierra. Esto implica que el total de energía solar anual que recibe la superficie de la Tierra es

- a)  $3.75 \cdot 10^{21}$  Joules      b)  $2.4 \cdot 10^{15}$  Joules
- c)  $2.4 \cdot 10^{17}$  Joules      d)  $2.352 \cdot 10^{18}$  Joules.

20. Las aspas de un molino giran cuando hay viento, específicamente, porque

a) el viento provee una componente de fuerza perpendicular a las aspas por el viento

b) las aspas están ligeramente inclinadas y cualquier dirección del viento produce una componente tangencial en las aspas

c) tienen un mecanismo que hace que las aspas siempre estén perpendiculares al viento

d) el viento siempre hace girar las aspas del molino.

### Estadísticas de resultados

	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Mexicali</b>	20-A	20-B	18	13	14-C	18	35
<b>Tijuana</b>	35-B/C	14-A/C	21-A/B	16	12-A	15-A/B/C	39
<b>Tecate</b>	0	4	0	0	1	4	6
<b>Rosarito</b>	3	0	20	7-A	6	5	5-A/B/C
<b>Ensenada</b>	21	39	40-C	22-B/C	30-B	30	24
<b>Total</b>							

Los resultados en los últimos 7 años en que se han efectuado las Olimpiadas se encuentran en la tabla anterior. En ella, pueden encontrar el número de estudiantes asistentes por municipio, además del total. Las letras A, B y C indican primer, segundo y tercer lugar. Es notable la participación de Rosarito que, con 5 participantes en 2016, logró los tres mejores resultados.

Manuscrito recibido: 20 de febrero de 2017

Manuscrito aceptado: 23 de febrero de 2017

