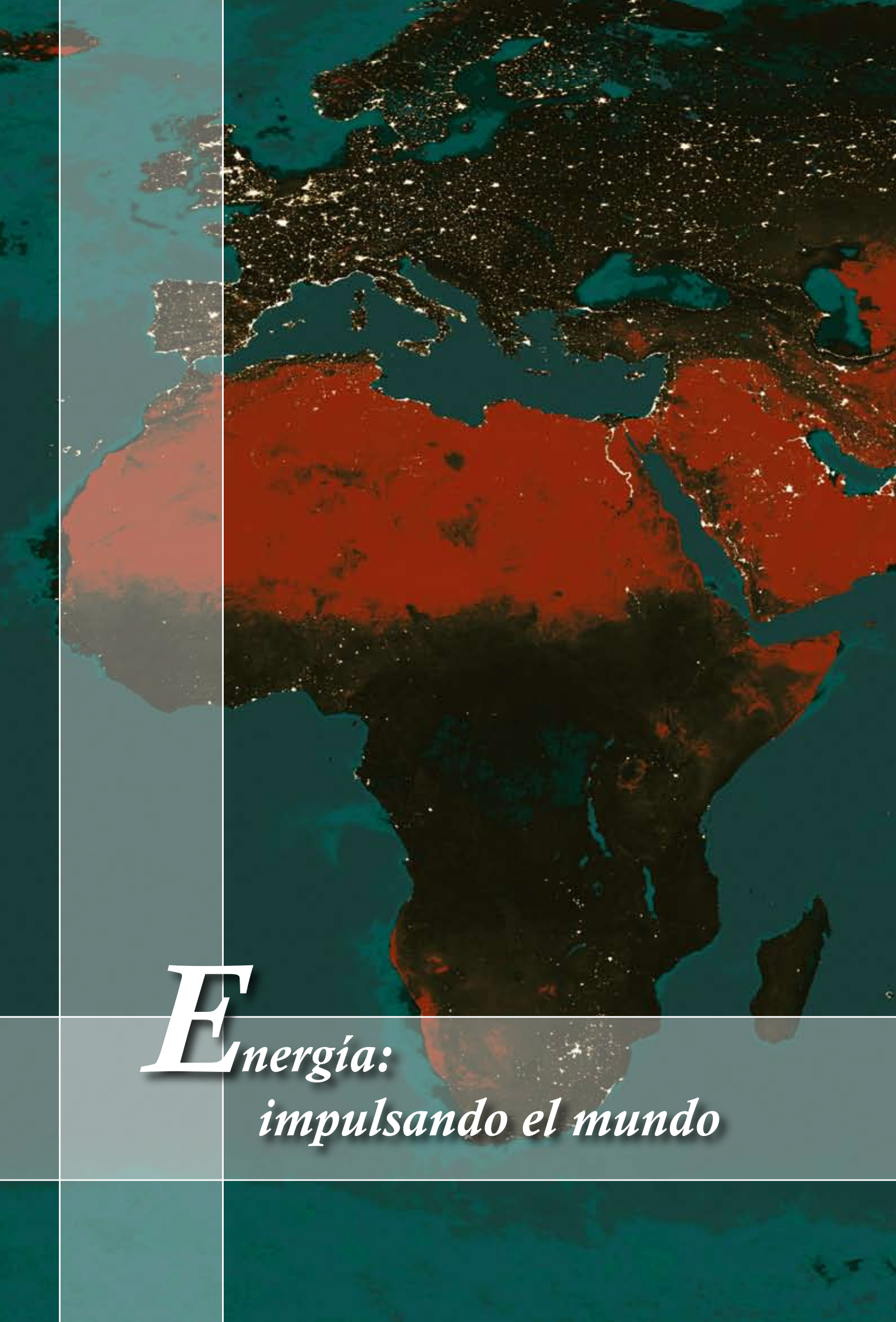


Energía: impulsando el mundo

Energía: impulsando el mundo

Nuestras fuentes de energía están cambiando constantemente. Más allá de los cables de la red eléctrica hay un mundo de intensa exploración, investigación y desarrollo. Cada día millones de personas trabajan para hacer acopio de energía como carbón, petróleo y gas. Y miles de científicos desarrollan nuevas fuentes de energía, que son necesarias para que la energía que consumimos sea más limpia y sostenible.

Este folleto proporciona una amplia introducción al mundo de la energía. La energía en nuestra vida diaria, las diversas formas en que la utilizamos, de dónde viene, el impacto de nuestro uso sobre el medio ambiente y nuestra salud, y cómo nos vamos a ocupar de nuestras necesidades energéticas en el futuro. El texto se ha desarrollado para su uso en los centros de enseñanza secundaria.

"Energía: impulsando el mundo" es parte del programa del European Fusion Development Agreement (EFDA). Para obtener copias adicionales en papel, por favor, visite la página web www.efda.org/multimedia/booklets_and_articles, de donde también se puede descargar el folleto completo en formato electrónico. En el transcurso de 2007 se van a elaborar las traducciones en alemán, francés, español, italiano y holandés, y estarán disponibles asimismo en la misma página web.

Foto de la portada: Iluminación nocturna de las ciudades de la Tierra. La foto se ha compuesto a partir de imágenes tomadas por satélite.
Cortesía de C. Mayhew & R. Simmon (NASA/GSFC), NOAA/NGDC, DMSP Digital Archive.

Energía: impulsando el mundo
Titulo original: Energy, Powering Your World
Copyright © 2007, FOM-Rijnhuizen, Niederlande
Texto: M.T. Westra, m.t.westra@rijnh.nl,
S. Kuyvenhoven, kuyven@rijnh.nl
Ilustraciones: M.T. Westra
Diseño gráfico: Karen Jens
Producido con la financiación de la Comisión Europea
Publicado por: Bavaria Druck, Munich, Alemanie

El contenido de este folleto se puede reproducir y distribuir para propósitos educativos no comerciales en los centros de enseñanza, siempre y cuando se cite la procedencia. Los propietarios de las ilustraciones han sido contactados y éstas se han acreditado, pero si alguien piensa que tiene derechos sobre alguna ilustración que no ha sido debidamente acreditada, por favor, pónganse en contacto con nosotros.

Nos gustaría dar las gracias a Federico Casci, Simon Kuyvenhoven, Chris Warrick, Jennifer Hay, Niek Lopes Cardozo, Vagn O. Jensen, Rosa Antidormi, GianCarlo Tosato, Eleanor Hayes, y todas las demás personas que han contribuido con información o con comentarios a este folleto. Cualquier comentario o sugerencia que contribuya a mejorar este folleto será bien recibida.

Índice

Introducción a la energía 2

1 La energía mueve nuestro mundo 3
¿Qué es la energía y por qué la necesitamos? 3
¿De dónde viene la energía? 3

Breve historia de la energía 4

2 La antigüedad 4
La energía en el siglo XVII 5
La energía en el siglo XVIII 5
La energía en el siglo XIX: la era de la máquina de vapor 6
La energía en el siglo XX: la era del motor de combustión 7
Tiempos modernos 8

La energía que utilizamos 12

3 Calentar y enfriar 14
La energía para el transporte 15
El uso industrial de la energía 16
Otras aplicaciones 17
La electricidad 19
Cómo se mide la energía 21
La potencia 21
La energía en el hogar 21
¿Cuánta energía utilizamos? 21
El uso de la energía primaria 21
El aprovechamiento eficiente de la energía 21
La energía utilizada por la industria 21

Las fuentes de energía 24

4 La energía de los combustibles fósiles 24
Cómo usamos los combustibles fósiles 25
La fisión nuclear 29
La energía de fusión 31
La energía hidráulica 33
La energía de los océanos: energía de las olas y energía de las mareas 35
La energía del sol 37
La energía del viento 38
La energía de la biomasa 39
La energía geotérmica 39
Comparación entre diferentes fuentes de energía 39

Energía, medio ambiente y salud 42

5 El ámbito doméstico 42
El ámbito urbano 44
El ámbito regional 44
El ámbito global 45
Opciones energéticas y efecto invernadero 48

Anticipándonos: las fuentes de energía del futuro 50

6 Problemas actuales 51
El objetivo de una energía sostenible 53
Las fuentes renovables 54
Cómo elegir una fuente de energía 56
La estructura energética futura 57
La investigación en energía 58
¿Es el hidrógeno el vector energético del futuro? 59
Conclusión 58

1 Introducción a la energía

La energía mueve nuestro mundo

La energía está tan integrada en nuestra vida que apenas reparamos en ella. Por la mañana, cuando nos damos una ducha caliente, consumimos energía. El jabón y la toalla que necesitamos para lavarnos se hacen en fábricas que consumen energía. Los ladrillos, el hormigón y las ventanas de tu habitación se han hecho utilizando energía. Nuestra ropa y nuestro calzado también se han hecho usando energía. Y esto es sólo el comienzo del día.

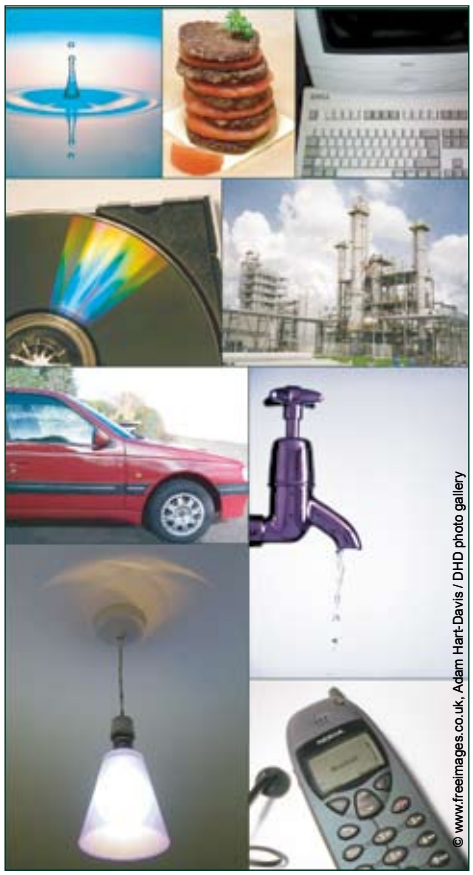
Nuestra vida sería mucho más incómoda sin energía. Imagina tener que recoger tu propia leña para calentarte, tener que sacar tú mismo el agua del pozo para cocinar, ir a todos los sitios a pie... Y por supuesto, sin energía no habría radio, televisión, ordenadores ni teléfonos. Nuestra sociedad necesita energía para funcionar.

Y además necesitamos mucha. Para producir toda la energía que consume un habitante de un país desarrollado (incluyendo electricidad, gasolina para el transporte, etc.) mediante el uso de la fuerza muscular, se necesitarían 100 personas o 10 caballos fuertes, trabajando todo el día y todos los días de la semana. La potencia que fluye de los enchufes de las paredes de tu casa te proporciona el equivalente a la fuerza de muchos caballos.

Damos por hecho que el suministro de energía está garantizado. Sólo en ocasiones, por ejemplo en caso de apagón, nos damos cuenta de cuánto dependemos de la energía, mientras intentamos recordar dónde hemos guardado las velas.

Este folleto trata de la energía, de dónde viene, cómo la utilizamos, cómo la vamos a obtener en el futuro, y los efectos que tiene sobre el medio ambiente, nuestra salud y nuestra sociedad.

Una serie de servicios energéticos: agua potable, cocinar alimentos, agua caliente, música, producción industrial, transporte, ordenadores, iluminación, telecomunicaciones.



¿Qué es la energía y por qué la necesitamos?

La energía adopta muchas formas, como por ejemplo, movimiento, calor, luz, enlaces químicos y electricidad. Decimos que la energía está presente en las fuentes de energía, como la madera, el viento, la comida, el gas, el carbón, el petróleo y en el interior de los núcleos atómicos. Todas estas formas diferentes de energía tienen una cosa en común, y es que podemos aprovecharlas para obtener lo que queremos. Nos servimos de la energía para poner cosas en movimiento, para cambiar temperaturas y para producir luz y sonido. Así que podemos decir: *Energía es la capacidad de hacer un trabajo útil.*

La energía es importante para nosotros porque la utilizamos para hacer las cosas que necesitamos, es decir, lo que llamamos *servicios energéticos*. Son servicios energéticos la refrigeración y calefacción, el procesado de los alimentos, la potabilización del agua, el uso de teléfonos móviles, viajar en automóvil o en moto, la producción de luz y sonido, la fabricación de objetos y muchos más. Para conseguir los servicios energéticos que queremos, necesitamos tener energía en una forma útil, y en el lugar y momento necesarios.

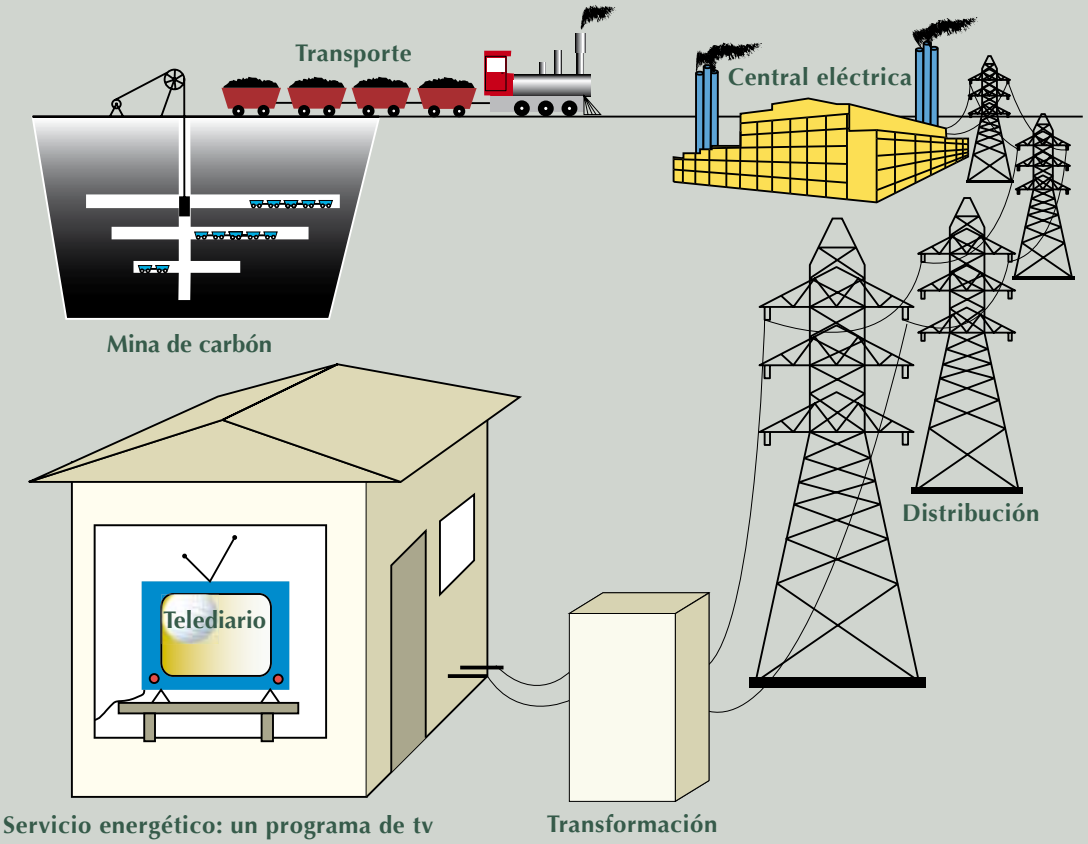
¿De dónde viene la energía?

Normalmente no nos paramos a pensar en lo que hay detrás del enchufe o la gasolinera, siempre y cuando se encienda la radio cuando la enchufamos y haya gasolina para el coche. Pero hay una larga cadena tecnológica que trabaja para suministrar la energía para que nuestros aparatos funcionen.

La cadena energética empieza por la obtención de la energía en su forma primaria, como petróleo, radiación solar, viento o carbón. La así llamada *energía primaria* no es muy útil todavía en esta fase, ya que hay que convertirla en una forma de energía que sea fácil de usar. De modo que el siguiente paso es convertir la energía primaria en lo que llamamos *energía final*, como electricidad o gasolina. Un ejemplo de este paso es la conversión del carbón en electricidad en una central térmica de carbón. Ésta es la energía final que se distribuye a los usuarios.

Finalmente, equipos como las bombillas, los televisores, las cocinas y los vehículos, usan la energía final para hacer algo útil, y prestan los servicios energéticos. En la figura siguiente podemos ver un ejemplo de una cadena energética, que empieza por la extracción de carbón y acaba en un programa de televisión.

La energía es la base de todo lo que hacemos: casi todas nuestras actividades diarias necesitan combustible o electricidad. Para suministrar toda la energía que utilizamos, tenemos minas de carbón, plataformas petrolíferas, oleoductos, enormes buques que distribuyen el carbón y el petróleo por todo el planeta, centrales eléctricas, líneas de transmisión, gasolineras, etc. Todo esto constituye un complejo sistema que se llama *sistema energético*.



Una cadena energética: de la mina de carbón a un programa de televisión.

2 Breve historia de la energía

Muchas de las cosas cotidianas sin las que apenas podríamos vivir, como el agua caliente, el transporte y las telecomunicaciones, necesitan energía. La humanidad ha hallado a menudo nuevas fuentes de energía a lo largo del tiempo, y ha aprendido a aprovecharlas para aumentar su bienestar y comodidad. La historia de cómo hemos ido utilizando la energía es fascinante, y además tiene una tendencia clara: cada vez usamos más y más.

© Bruno Girin / DHD photo gallery

Cruzando los océanos mediante la energía del viento.

La Antigüedad

Los restos arqueológicos nos enseñan que el ser humano aprendió a controlar el fuego hace más de 500.000 años, y posiblemente mucho antes. Las necesidades energéticas del hombre en esa época prehistórica eran todavía modestas. El sol proporcionaba calor, y cuando no se podían calentar de esa manera, quemaban madera, paja o estiércol. Sabemos, por las pinturas rupestres, que los hombres y mujeres de la edad de piedra (hace unos 30.000 años) quemaban leña para hacer la comida y calentar e iluminar sus cuevas y chozas. El nombre que se ha puesto a los diferentes periodos de la prehistoria (edad de piedra, edad del bronce y edad del hierro) viene de la capacidad de aquella gente de utilizar la energía para hacer metales y fabricar herramientas y armas.

Uso de la fuerza animal en India en la actualidad.

© Ross Taylor (Images of the World)

Cuando el hombre decidió abandonar la vida nómada y asentarse se produjo un cambio drástico en el uso de la energía. Se desarrolló la agricultura, que es una manera de convertir la energía del sol directamente en alimentos.

Otra de las primeras fuentes de energía, que aún se sigue usando hoy, es la fuerza de los animales. Caballos, bueyes, camellos, burros, elefantes: su fuerza puede ser utilizada para el transporte y la agricultura, y para mover máquinas, como molinos de grano y bombas de agua. Los países en vías de desarrollo todavía se valen de la fuerza animal para muchos fines, como arar los campos y el transporte.

También se ha utilizado la fuerza de los seres humanos: las naves de guerra romanas que se usaban en 260 a.C. eran impulsadas por 170 remeros bien entrenados, ¡y una flota solía consistir en un centenar de estos barcos!

Ya 5000 años antes de Cristo la energía del viento se usaba para propulsar barcos en el río Nilo, y varios siglos antes de Cristo, los chinos usaban molinos de viento para bombear agua. Alrededor del año 600 de la Era Cristiana, los persas usaban molinos de viento para moler el grano.

También el aprovechamiento de la fuerza de los saltos de agua tiene una larga historia. Desde el 4000 a.C. los griegos utilizaban norias para impulsar pequeños molinos y moler el maíz, abastecer de agua potable a las poblaciones y mover diversas máquinas, como aserraderos, bombas, fuelles de forjas, etc.

Una de las primeras aplicaciones de la energía solar fue la bélica. Se dice que Arquímedes incendió los barcos de guerra romanos que atacaban Siracusa (hacia 240 a.C.) dirigiendo contra ellos los rayos de sol con un gran espejo.

Entre los combustibles fósiles, el carbón mineral es el que tiene la historia más larga y variada. Los chinos ya lo usaban hace 3000 años y hay evidencia de que en Inglaterra, entre 100 y 200 d.C., los romanos cocinaban con carbón mineral. En 1298, el famoso explorador y viajero Marco Polo publicó un libro sobre sus viajes a China, en el que hablaba de "grandes piedras negras que... arden como carbón". Durante siglos, y hasta ahora, ha sido uno de los combustibles más importantes.

La energía en el siglo XVII

Cuando los europeos descubrieron lo útil que era el carbón mineral para calentarse, comenzaron a buscarlo rápidamente, y de hecho, lo encontraron por todas partes. Hacia 1660, en Inglaterra, el carbón mineral se había convertido en un negocio floreciente y se exportaba a todo el mundo.

Los ingleses aceptaron que sus ciudades quedaran muy contaminadas por la combustión de carbón, ya que necesitaban reservar la madera para hacer carbón vegetal y para construir barcos de guerra. A su vez, el carbón vegetal se usaba en grandes cantidades para fundir el hierro y para la fabricación de otros metales.

La primera crisis energética de la historia empezó en 1630 cuando el carbón vegetal (que se obtiene a partir de la madera) empezó a agotarse. El carbón mineral no servía para la fundición de metales ya que contiene demasiada agua y demasiado azufre. La presencia de agua en el carbón hace que arda a temperatura más baja, y el azufre hace que el hierro sea frágil. Para resolver el problema de la escasez, se talaron grandes zonas de los bosques de Suecia y Rusia para producir carbón de leña. En 1709, el metalúrgico Abraham Darby (de Coalbrookdale, Inglaterra) descubrió un método para quitar el azufre del carbón fósil a partir de su transformación en coque. Fue el primero en producir con éxito hierro fundido usando carbón.

La energía en el siglo XVIII

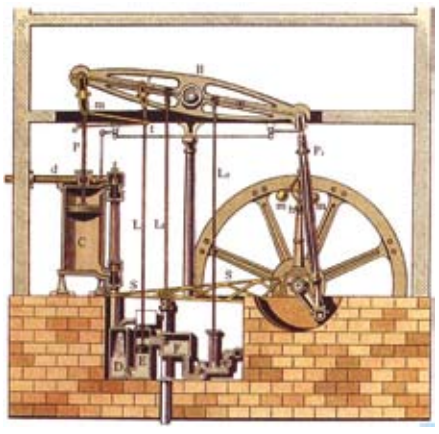
Para entonces, la mayoría de los países de Europa, y, especialmente Inglaterra, habían talado la mayor parte de sus bosques. En cuanto se empezó a contar solamente con el carbón mineral como combustible la demanda creció vertiginosamente. Otra razón para el aumento de la demanda fue la invención en 1712, por Thomas Newcomen, de la máquina de vapor, que se usó para achicar el agua del fondo de las minas de carbón. Hasta entonces el agua de las minas tenía que ser extraída por caballos, usando un cubo atado a una cuerda. James Watt mejoró la máquina de vapor en 1765, de modo que no sólo sirviera para sacar agua, sino también para impulsar otras máquinas.

La importancia de la máquina de vapor radicaba en que, por primera vez, la energía liberada al quemar un combustible (llamada *energía térmica*) se podía convertir en otra forma de energía: energía mecánica. Con este nuevo invento, las máquinas podían ser alimentadas con carbón, mientras que antes era necesario construir un molino de viento o tener cerca un salto de agua. Como el carbón mineral era abundante, se hizo mucho más fácil alimentar un gran número de máquinas.

En 1799 un inventor italiano llamado Alessandro Volta inventó la *batería*, que supuso la primera fuente estable de energía eléctrica. El nombre de Volta aún se usa hoy en día: los enchufes de nuestras casas suministran electricidad a 220 Voltios (o "V", abreviadamente).

La energía en el siglo XIX: la era de la máquina de vapor

El mundo moderno despegó realmente en el siglo XIX. Una sola máquina de vapor podía proporcionar en aquel tiempo la fuerza de 200 hombres. Por toda Inglaterra surgieron fábricas impulsadas por máquinas de vapor que producían tejidos,



La máquina de vapor de James Watt (1765).

El descubrimiento de la electricidad

Se atribuye al filósofo griego Tales de Mileto, que vivió hace 2500 años, el descubrimiento de que al frotar un trozo de ámbar con lana o piel, atraía objetos ligeros como hojitas secas o paja. La palabra griega para ámbar es "elektron", y de ahí la palabra moderna "electricidad". Tales observó también que la magnetita (piedra natural con propiedades magnéticas) atrae al hierro y a otros pedazos de magnetita.

James Watt y la máquina de vapore

Una sola máquina de vapor podía hacer el trabajo de muchos caballos. James Watt describía sus máquinas en función del número de caballos que podían reemplazar, de modo que una máquina de 20 caballos era la que podía hacer el trabajo de veinte caballos. Watt calculaba cuánto ahorraba una empresa usando su máquina en vez de usar un tiro de caballos. Entonces la empresa tenía que pagarle un tercio de esa cifra cada año, durante los siguientes veinticinco años.

Al principio, James Watt definió el caballo de vapor como la cantidad de energía necesaria para elevar 33.000 libras de peso a una altura de un pie (15.000 kg una altura de 30 cm) en un minuto. En unidades actuales, 1 caballo de vapor equivale a 746 vatios.

muebles y muchas otras cosas que hasta entonces se habían fabricado a mano. Gracias a esta producción masiva, mucha más gente pudo permitirse comprar esos artículos, lo que hizo crecer el mercado y florecer la exportación. Esta época de enorme desarrollo de la manufactura industrial se llama la *Revolución Industrial*, y se extendió rápidamente por Europa Occidental y Norteamérica.

Por primera vez en la historia, la energía se podía utilizar en cualquier momento, sitio y cantidad. Antes, las fábricas dependían de la fuerza del viento y del agua, de los que no siempre ni en todas partes se podía disponer. Poco a poco, la energía se empezó a ver como un recurso disponible donde y cuando se necesitaba.

También se dio otros usos a la máquina de vapor además del suministro de potencia a las fábricas. En 1804 se construyó la primera locomotora de vapor y en 1807 el primer barco de vapor. Al mismo tiempo se descubrió el gas del alumbrado

Descubrir la electricidad.

© Brookhaven National Laboratory

Una locomotora de vapor.

(el gas que desprende el carbón cuando se calienta), y se utilizó para iluminar las fábricas, las calles y los hogares. En 1807 se instaló el primer sistema de alumbrado público de gas en las calles de Londres, y hacia 1823, las ciudades inglesas más importantes ya disponían de él.

En esta época se mejoró la máquina de vapor y se hizo aún mucho más potente. A finales de siglo XIX, una sola máquina de vapor podía proporcionar una potencia igual a la de 6000 hombres.

A mediados del siglo XIX se empezaron a construir pequeñas presas para generar energía hidroeléctrica y a fines del siglo se comenzó a experimentar con la producción de electricidad mediante molinos de viento.

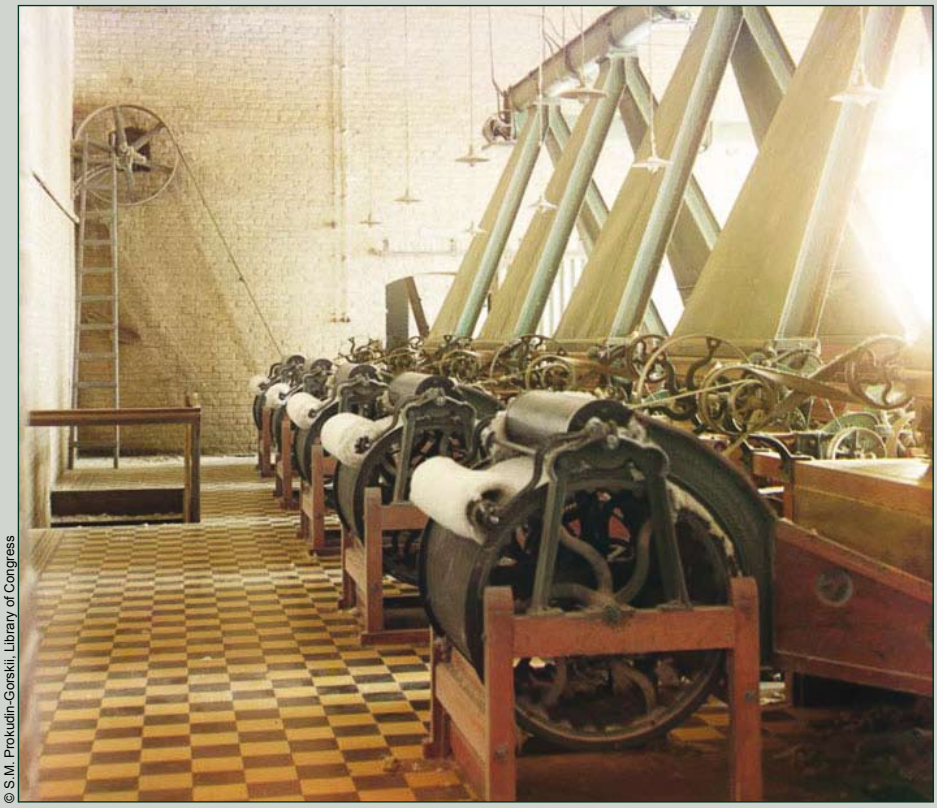
El francés Auguste Mouchout fue el primero en desarrollar la energía solar en 1860. Concentrando rayos solares produjo vapor con el que movió una pequeña máquina de vapor. En 1880 se conectó una máquina de vapor alimentada por carbón al primer generador eléctrico del mundo. La central eléctrica de Thomas Alva Edison proporcionó la primera luz eléctrica a Wall Street y al periódico New York Times.

En 1859 se empezó a extraer petróleo del subsuelo de Pensilvania, EE.UU. Antes de esto, el petróleo había supuesto sólo una molestia, ya que contaminaba los pozos de agua potable. Durante un tiempo se vendió como medicina, pero rápidamente se descubrió su utilidad para la calefacción y el alumbrado. Enseguida se aprendió a refinarlo para hacer gasolina y gasóleo, que a su vez se utilizaron para alimentar un nuevo invento: el motor de combustión.

La fuerza del vapor

En el siglo XIX surgieron muchas fábricas impulsadas por máquinas de vapor. Una gran máquina central de vapor con una polea enorme proporcionaba la energía a toda la fábrica. Esto se lograba mediante una serie de correas de transmisión de cuero, que conectaban la máquina de vapor con todas las demás máquinas. Esta correa de transmisión se puede ver al fondo de la foto.

Una devanadora de algodón movida por vapor (siglo XIX).



© S.M. Prokudin-Gorskii, Library of Congress

La primera bombilla eléctrica de Thomas Edison (1879).

© Charles Edison Fund

© DaimlerChrystler

El primer automóvil de cuatro ruedas de Gottlieb Daimler (1886).

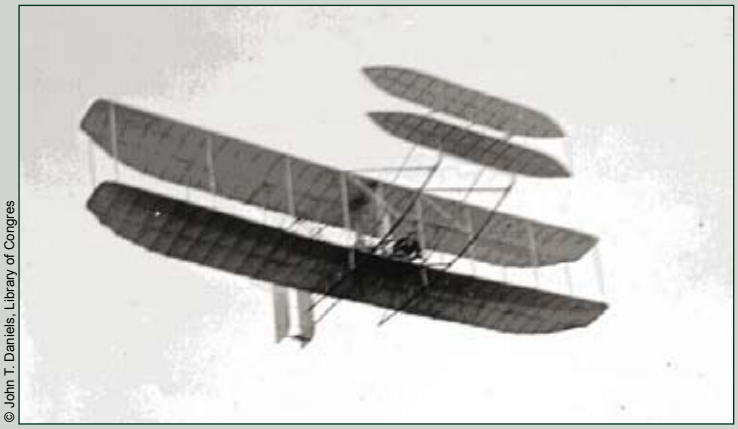
La energía en el siglo XX: la era del motor de combustión

En 1860 el inventor luxemburgués Etienne Lenoir creó el primer "motor de combustión interna" útil, que funcionaba quemando gasolina para mover un pistón en el motor. Pocos años más tarde, el inventor alemán Nikolaus August Otto mejoró el diseño de Lenoir. En 1885, el ingeniero alemán Benz acopló unas ruedas al motor de Otto y creó el primer automóvil (aunque sólo tenía tres ruedas). El año siguiente, otro ingeniero alemán: Daimler, construyó un automóvil de cuatro ruedas impulsado por un motor de combustión interna. Por supuesto, estos primeros automóviles eran todavía muy caros, y al principio fueron sólo un juguete para ricos.

Pero eso cambió rápidamente. A Henry Ford, en EE.UU., se le ocurrió el modo de fabricar un gran número de automóviles en poco tiempo, inventando la cadena de montaje: cada trabajador permanecía en el mismo lugar todo el día, y ponía la misma pieza en cada coche que pasaba por delante de él ¡En 1913 una fábrica de coches podía producir mil coches al día! De esta manera los coches resultaban más baratos y mucha más gente los podía comprar.

En 1903, los hermanos norteamericanos Wilbur y Orville Wright pusieron un motor de combustión en una máquina voladora, inventando el primer aeroplano impulsado por combustible. Aproximadamente en la misma época, en Italia,

El primer aeroplano con motor de los hermanos Wright (1903).



© John T. Daniels, Library of Congres

la primera central geotérmica comenzó a producir energía eléctrica usando el calor del interior de la Tierra.

En 1905 Einstein publicó su famosa teoría que explica que la masa se puede convertir en energía. A mediados del siglo XX, durante la II Guerra Mundial, los físicos descubrieron cómo usar la energía del interior de los átomos. La científica austriaca Lise Meitner descubrió el proceso de la fisión nuclear, en que un átomo pesado se divide en partes más pequeñas y al hacerlo libera grandes cantidades de energía. En 1942 el físico italiano Enrico Fermi diseñó y construyó el primer reactor de fisión nuclear en los Estados Unidos. En 1954 se inauguró en la Unión Soviética la primera central eléctrica de energía nuclear.

Ya en 1929 se había comprendido que el sol obtiene su energía a partir de la fusión nuclear, en la que los núcleos de átomos pequeños se fusionan y liberan grandes cantidades de energía en el proceso. En la década de los 50 los científicos comenzaron a investigar el modo de aprovechar en la Tierra esta fuente de energía.

El consumo de energía aumentó muy rápidamente en el siglo XX, duplicándose aproximadamente cada 25 años. El coste de la producción de energía había ido disminuyendo y, en consecuencia, la energía era abundante y barata en muchos países occidentales, incluyendo EE.UU. Ahorrar energía no era importante porque había en cantidad.

Tiempos modernos

Problemas modernos...

En tan sólo 150 años hemos aprendido a usar la energía en nuestro propio provecho y nuestra vida ha cambiado para siempre. Gracias a la disponibilidad de energía abundante y barata, nuestras vidas son cómodas, nos desplazamos con facilidad y somos productivos. Pero también hemos aprendido que la energía tiene un precio.

En 1973, los países árabes productores de petróleo suspendieron el suministro a las naciones occidentales por motivos políticos. De la noche a la mañana los precios del petróleo se triplicaron. Esto provocó una gran crisis energética durante la cual los coches tenían que hacer cola en las gasolineras para comprar gasolina. La gente comprendió, quizá por primera vez, hasta qué punto dependía de la energía y la importancia de utilizar este valioso recurso con sensatez. En 1979 hubo una segunda crisis del precio del petróleo. El precio del barril subió hasta casi 60 US$ ¡cuando el precio del barril a finales de 2003 era de 25 US$ por barril (en dólares del 2000)!

La central nuclear de Three Mile Island (EE.UU.) sufrió un accidente en 1979 a consecuencia de una serie de fallos mecánicos y errores humanos. Después de oír durante años que un accidente nuclear nunca podría ocurrir, el público quedó conmocionado. Este accidente aumentó la sensación de crisis que tenía la gente. En 1986 hubo un accidente aún más serio en Chernobyl (en la antigua Unión Soviética, hoy Ucrania). Aunque el accidente fue causado por un mal diseño e iniciado por violaciones de las normas de seguridad y nunca podría repetirse en las modernas centrales nucleares, hizo cambiar la opinión de mucha gente acerca de la conveniencia de la energía nuclear como fuente de energía.

Los combustibles fósiles también amenazan el medio ambiente. Los combustibles fósiles — carbón, petróleo, gas — producen varios contaminantes al arder. Algunos de los gases de la combustión, como el dióxido de carbono (CO_2), actúan como un manto alrededor de la Tierra que retiene el calor, provocando el llamado efecto invernadero. Debido a esto, las temperaturas en la Tierra están aumentando, lo cual tiene muchas consecuencias posiblemente negativas, como la aparición de más fenómenos meteorológicos

Hay muchas formas de contaminación: bidones de petróleo en el Antártico.

© European Community, 2005

extremos. Desde la Revolución Industrial la temperatura media del aire en la Tierra ha subido ya 0,6 ºC. Otros humos causan la contaminación atmosférica y el "smog" (en inglés, niebla urbana producida por la polución).

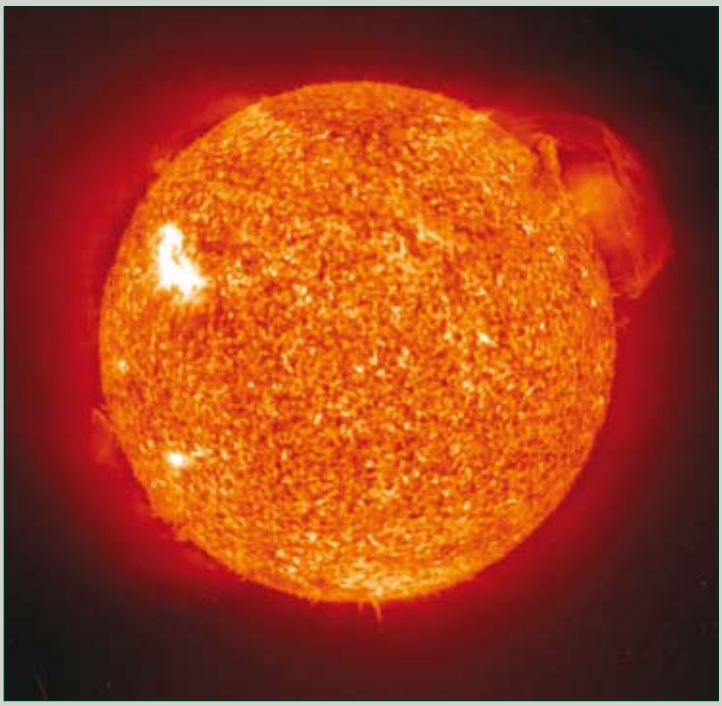
Otro problema es que la energía no está disponible para todo el mundo. Cerca de mil seiscientos millones de personas, es decir, la cuarta parte de la población mundial, no tienen acceso a las formas modernas de energía y por tanto no disfrutan de la comodidad, la salud, la movilidad y la capacidad de producir que proporciona la energía moderna.

Finalmente, nuestra demanda de energía está creciendo muy deprisa. Se prevé que la Tierra pasará de los seis mil millones de habitantes que tiene actualmente a nueve mil millones hacia 2050, y todos necesitarán energía. La población de los países en vías de desarrollo querrá consumir tanta energía como nosotros. Por ello, se cree que la demanda energética en 2050 será al menos el doble que la actual. Si seguimos produciendo energía como lo hacemos ahora, es decir, usando principalmente combustibles fósiles, nuestro medio ambiente se resentirá mucho. Además, poco a poco los combustibles fósiles se irán volviendo más caros y finalmente se agotarán, aunque eso todavía está lejos.

Y soluciones modernas...

Cuando los combustibles fósiles se queman emiten el gas CO_2, que provoca el efecto invernadero. Pero hay un modo de impedirlo, que es atrapar el CO_2 cuando se forma y meterlo en formaciones geológicas profundas como yacimientos de gas natural o petróleo ya vacíos, o en acuíferos salinos. Esta técnica, llamada *secuestro del* CO_2, podría ser una medida temporal para aliviar el efecto invernadero. La idea

La fusión es la energía del sol y las estrellas. Los científicos intentan aprovechar esta fuente de energía en la Tierra.



© NASA

Generación de electricidad a partir del viento.

© European Community, 2005

es que si el gas permaneció en el subsuelo durante millones de años, también lo debería hacer el CO_2, una vez introducido allí. Se está investigando si esta técnica es segura, práctica y económicamente viable. Esta técnica es sólo un ejemplo del conjunto de tecnologías cuyo objetivo es el uso de los combustibles fósiles de manera limpia, por lo que se denominan *tecnologías de energías fósiles limpias*.

Una meta importante para el futuro es producir electricidad mediante procesos en los que no se emita CO_2. Hoy en día la energía hidroeléctrica, la nuclear y la de biomasa suministran el 35% del consumo mundial de electricidad libre de CO_2. Las nuevas tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, como la solar, la eólica, la de las mareas, y la energía geotérmica, contribuyen en la actualidad con menos del 0,7% del consumo mundial de electricidad. Pero se están desarrollando muy deprisa y se espera que para 2050 puedan aportar mucho más

Se está investigando mucho para resolver los problemas relacionados con el uso actual de la energía nuclear de fisión (el almacenamiento de residuos radiactivos y la seguridad de los reactores de fisión), y para desarrollar nuevos tipos de reactores nucleares, más seguros.

La fusión nuclear, que es la energía liberada por la fusión de átomos, y es la fuente de energía del sol, podría empezar a generar energía segura y libre de emisiones de CO_2 hacia 2040, utilizando como combustible principalmente sustancias extraídas del agua de los océanos. Actualmente se están llevando a cabo en todo el mundo programas de investigación nacionales e internacionales para desarrollar esta fuente de energía aquí, en la Tierra.

Electricidad a partir del sol usando paneles solares.

© Warren Gretz (PIX DOE/NREL)

Cuando se queman combustibles fósiles se emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero.

© European Community, 2005

3 La energía que utilizamos

Usamos diferentes formas de energía, como el gas, la electricidad y la gasolina. ¿No podríamos simplificar, y reducirlas a una forma única, como por ejemplo, la electricidad? Pues, sí y no. Como veremos luego, la electricidad no es lo más apropiado para algunas aplicaciones. Y es que según lo que queramos hacer necesitamos distintas formas de energía. Vamos a clasificar las distintas cosas que hacemos con la energía: calentar (casas, comida, agua), enfriar (alimentos, habitaciones), fabricar artículos y materiales (uso industrial), transportar (automóviles, camiones, barcos, trenes, aviones) y todo lo demás (oír música, iluminar, ordenadores, etc.).

Calentar y enfriar

La calefacción y la refrigeración sirven sobre todo para tener una temperatura agradable en nuestra casa: en invierno la calentamos y en verano la enfriamos. Como es lógico, esto depende mucho de dónde vivamos: los habitantes de las zonas frías usarán calefacciones alimentadas por gas, petróleo o carbón, con más frecuencia que los de las zonas más cálidas. Sin embargo, en las regiones cálidas, se preferirá usar sistemas de aire acondicionado para bajar la temperatura.

Además de para regular la temperatura de los interiores de las casas, también usamos el calor para cocinar y para tomar un baño caliente o una ducha. Usamos frigoríficos y congeladores para evitar que la comida se estropee y para enfriar las bebidas. También la industria utiliza el calor y el frío en muchos procesos.

¿Qué tipo de energía utilizamos para calentar y enfriar? El aire, el agua y la comida los solemos calentar quemando gas, petróleo o carbón en algún tipo de quemador. Hay quemadores de muchas clases, desde los del horno de la cocina hasta las enormes calderas de gas para la calefacción de los edificios. También podemos calentar con electricidad. Piensa por ejemplo en el calentador de agua eléctrico y en el horno eléctrico.

La mayoría de los aparatos que enfrían, como congeladores, frigoríficos y acondicionadores de aire, funcionan con electricidad, aunque también hay frigoríficos que funcionan con gas. Es frecuente que el frigorífico y el congelador sean los mayores consumidores de electricidad en una casa.

La energía para el transporte

La energía es necesaria para transportar cosas de un sitio a otro. Si llevas una bolsa, tu cuerpo es la máquina que la transporta. Los alimentos que comes te proporcionan la energía para ese transporte. A diario se transportan decenas de millones de toneladas de mercancías por tierra, mar y aire, en camiones, trenes, barcos y aviones. Casi todas estas máquinas de transporte queman gasolina, gas, petróleo o queroseno. Sólo uno de los principales medios de transporte funciona con electricidad: una gran parte de la red ferroviaria (y sistemas similares, como los tranvías y el metro).

Los motores eléctricos se utilizan en fábricas, bombas, ventiladores y en muchas otras aplicaciones. Es fácil encontrar de veinte a cuarenta motores eléctricos en la mayoría de los hogares, moviendo todo tipo de aparatos. Por ejemplo, el frigorífi-

El transporte aéreo necesita mucho queroseno.

© European Community, 2005

co tiene una bomba, el horno microondas tiene dos motores (uno para el ventilador y otro para girar el plato), tu equipo de música probablemente contiene siete motores eléctricos pequeñitos y el ordenador puede tener hasta ocho.

El uso industrial de la energía

La industria fabrica muchos de los productos que utilizamos a diario, como ropa, comida, objetos de plástico y agua potable. La industria también produce los materiales que se necesitan para construir casas, calles, edificios, redes de ferrocarril, etc. La fabricación de todos estos productos requiere una gran cantidad de energía, bien en forma de calor (vapor, por ejemplo) o bien de electricidad. Como las fábricas a menudo necesitan calor y energía eléctrica, esta última con frecuencia se genera dentro de la fábrica, y el calor sobrante de esa generación de energía se usa para los procesos industriales. Esto puede hacer que la fábrica sea muy eficiente en términos energéticos.

Otras aplicaciones

Muchos servicios domésticos requieren energía, y los aparatos que los proporcionan se basan casi exclusivamente en la electricidad. Cuando navegas por Internet o escribes un texto en tu ordenador, éste necesita electricidad. El equipo de música y la televisión necesitan electricidad. La lavadora, la plancha y el aspirador requieren electricidad. A veces, incluso usamos la electricidad para cortar el pan, para exprimir naranjas y para lavarnos los dientes.

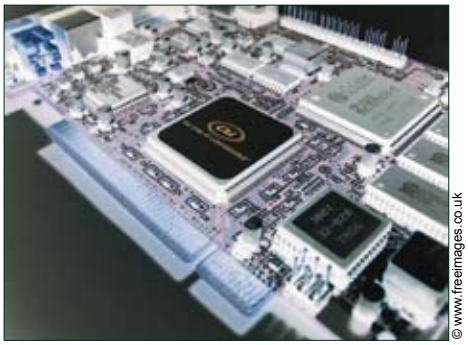
La electricidad

La electricidad es la forma de energía más flexible: puede ser usada para prácticamente cualquier aplicación. No produce ruidos ni gases en el sitio en que se utiliza. No necesitas un depósito de combustible para alimentar tu ordenador o tu equipo de música. La electricidad está allí en el momento en que la necesitas y en la forma que quieres tenerla.

Pero también tiene algunas desventajas. Por ejemplo, la generación centralizada de electricidad implica que ha de ser transportada desde el punto de origen hasta tu casa. Esto conlleva un gran y costoso sistema de distribución llamado red eléctrica, del que las líneas de transmisión de alto voltaje, instaladas sobre postes, son la parte más visible. En el proceso de distribución se pierde cerca del 10% de la energía.

Otra desventaja de la electricidad es que es muy difícil de almacenar. Se necesitan baterías grandes y pesadas para almacenar sólo una pequeña cantidad de energía eléctrica. En el caso del transporte, la necesidad de llevar estas baterías contigo en el vehículo, hace que a menudo el uso de la electricidad no sea muy deseable para esta aplicación. El ferrocarril resuelve este problema teniendo sus propias líneas de alimentación, que actúan como si fueran grandes alargadores.

El uso de la electricidad está creciendo a un ritmo tremendo en todo el mundo. Según la Agencia Internacional de la Energía, el consumo mundial de electricidad se duplicará entre 2002 y 2030, y la mayoría de este aumento corresponderá a los países en vías de desarrollo. Hoy en día la cuarta parte de la población mundial aún no tiene acceso a la electricidad.



© www.freeimages.co.uk

Todos los aparatos electrónicos: vídeos, televisores, ordenadores, etc. dependen de la electricidad.

La electricidad es la forma más flexible de energía.

Cómo se mide la energía

La energía tiene muchas formas: electricidad para el alumbrado, gas para cocinar, gasolina para el transporte, y a veces leña para la chimenea. Si queremos saber cuánta energía estamos usando hay que encontrar la manera de comparar todas estas formas distintas de energía. ¿En qué unidades podemos medir la energía?

Todas las diferentes formas de energía tienen en común una *capacidad de hacer un trabajo*. Esta capacidad de hacer un trabajo se puede comparar con una situación estándar en la que también se haga un trabajo, como por ejemplo, levantar una masa. Por esto la energía se mide en julios (J abreviadamente), y 1 julio se define como la cantidad de energía empleada cuando una fuerza de 1 newton produce un desplazamiento de 1 metro. Para hacernos una idea de cuánta energía representa esto: una fuerza de 1 newton es justo la necesaria para levantar una manzana de 100 gramos de masa. De modo que si levantas una manzana de 100 g de masa 1 metro de distancia, necesitas un julio de energía para hacerlo. Y así, podemos

Tabla 1.
Contenido energético de varios tipos de alimentos.

Alimento	Tamaño de la porción	Peso (gr)	Contenido energético (kJ)	Contenido energético (kJ/gr)
Mantequilla/margarina	1 cucharada sopera	14	419	30
Mant. de cacahuetes	1 cucharada sopera	16	398	25
Cacahuetes	1 tazón	145	3520	24
Chocolate con leche	1 onza	30	629	21
Patatas fritas chips	10 patatas	20	440	22
Pastel de chocolat	1 ración	100	1827	18
Queso	1 ración	17	293	17
Chuleta de cerdo	1 unidad	87	1152	13
Pastel de manzana	1 ración	158	1697	11
Hamburguesa	1 unidad	98	1027	10
Pan blanco	1 rebanada	28	293	10
Helado	1 plato	148	1467	10
Pollo asado	1 pechuga	86	587	7
Huevo cocido	1 huevo	50	314	6
Arroz hervido	1 tazón	205	943	5
Plátano	1 pieza	114	440	4
Leche de vaca entera	1 tazón	244	629	3
Yoghurt (natural)	1 tazón	227	587	3
Refresco de Cola	1 lata	369	670	2
Manzana	1 pieza	138	335	2
Zanahoria	1 pieza	72	126	2
Naranja	1 pieza	131	251	2
Sandía	1 rodaja	160	210	1
Pepino	6 rodajas	28	21	1

Para ser exactos

La fórmula para calcular exactamente la energía necesaria para levantar una masa es: *Energía = masa x aceleración de la gravedad x altura*, o $E = m \cdot g \cdot h$. En la Tierra, g es igual a 9,81 m/s^2, así que para levantar 100 gramos de masa (que es 0,1 kg) a la altura de 1 metro, se necesitan
$E = 0{,}1 \cdot 9{,}81 \cdot 1 = 0{,}981$ Julios, que es casi igual a 1 Julio.

La caloría

La energía de los alimentos se suele expresar con otra unidad diferente llamada *caloría*. Una caloría es la energía necesaria para calentar 1 gramo de agua 1 grado centígrado. 1 caloría es igual a 4,19 julios. A menudo se usa una unidad mayor: la *kilocaloría* o *kcal*: 1 kcal = 1000 cal = 4190 julios.

La ingesta típica de un varón adulto es cerca de 2300 kcal, y 2000 kcal en el caso de una mujer. Pero estas cifras dependen mucho de la edad, el peso y el nivel de actividad.

seguir: para 2 metros necesitas 2 julios y para levantar 1 kilogramo (1000 gramos) 1 metro, necesitas 10 julios.

Un julio no es mucha energía, así que normalmente hablamos de kilojulios (1kJ = 1000 J), o de megajulios (1 MJ = 1.000.000 J). Todas las formas de energía se pueden expresar en julios, por ejemplo, la combustión de un litro de gasolina libera 28 MJ de energía.

Nuestro cuerpo también necesita energía. La comida se procesa para hacer un trabajo útil, como andar, mover los músculos, crecer y curar las heridas. Un plátano contiene unos 180 kJ y una chocolatina al menos 1400 kJ. En la mayoría de los envases de alimentos se indica su contenido energético. Si corres muy deprisa durante un minuto consumes alrededor de 150 kJ y para pedalear un minuto en bicicleta necesitas 50 kJ. Incluso para dormir, aún necesitas 4 kJ por minuto. Así que sólo una chocolatina ya da para correr casi diez minutos o dormir seis horas. La Tabla 1 muestra el contenido energético de muchos alimentos.

Unidad de Energía	Símbolo	Cantidad equivalente de Julios
Kilojulio	kJ	1000 J (= 10^3 J)
Megajulio	MJ	1.000.000 J (= 10^6 J)
Kilovatio-hora	kWh	3.600.000 J (= $3{,}6 \cdot 10^6$ J)
Tonelada equivalente de petróleo	toe	$41{,}87 \cdot 10^9$ J
Caloría	cal	4,190 J
Kilocaloría	kcal	4190 J

Tabla 2. Unidades de energía de uso frecuente.

La comida contiene mucha energía: estos tres pimientos contienen en total unos 300 kilojulios (72 kcal).

© www.freeimages.co.uk

La Tonelada Equivalente de Petróleo

La *Tonelada Equivalente de Petróleo* (tep) es otra unidad usada para expresar cantidades de energía. Es igual al contenido calorífico medio de una tonelada de petróleo crudo. Equivale a 41.868 megajulios y se utiliza a menudo cuando se habla de las grandes cifras de las fuentes de energía, como el carbón, el petróleo, el gas, la energía nuclear, etc.

Cómo escribir números grandes

En este texto usamos la *notación exponencial* para escribir números grandes. Se trata de contar el número de ceros en lugar de escribirlos. O sea, 5000 puede escribirse $5{,}0 \cdot 10^3$.
De esta forma, 1.000.000 se convierte en $1{,}0 \cdot 10^6$, y 5.124.000.000 se convierte en $5{,}124 \cdot 10^9$.

La potencia

Además de la energía también está la *potencia*. La potencia es el ritmo al que se usa o se genera la energía, es decir, la cantidad de energía que se usa o se genera por unidad de tiempo. Se mide en julios por segundo (J/s), que se llaman *vatios* (W). Por ejemplo, una bombilla de 100 vatios consume 100 julios cada segundo. Así que cada minuto, una bombilla de 100 vatios gasta 6000 julios. En la mayoría de los electrodomésticos (televisores, hornos microondas, etc.) se indica la potencia que consumen. Por ejemplo, un microondas a plena potencia consume cerca de 1000 vatios y una radiodespertador unos 10 vatios.

¿Cuánto suponen mil vatios o diez vatios? Tomemos nuestro cuerpo como ejemplo. Para subir las escaleras necesitas cierta cantidad de energía. Supongamos que Eva, que tiene una masa de 50 kg, sube tres tramos de escalera, que implican una diferencia de altura total de unos 10 metros. Para hacerlo necesita 4900 Julios (usando $E = m \cdot g \cdot h$, $E = 50 \cdot 9{,}8 \cdot 10$). Si la sube en 20 segundos, ha gastado 4900/20 = 245 vatios durante esos 20 segundos. Probablemente Eva estará muy cansada.

Trabajando sólo con las manos, una persona sana puede generar solamente unos 50 vatios durante mucho tiempo sin cansarse. Con los pies, pedaleando en una bicicleta por ejemplo, puedes generar de 75 a 125 vatios un tiempo prolongado. En un sprint puedes generar unos 1000 vatios, pero sólo durante 30 segundos más o menos. Si quisiéramos utilizar la energía generada pedaleando, se necesitarían unas 10 personas para alimentar un horno microondas de 1000 vatios.

Con frecuencia se usan los términos energía y potencia indistintamente, pero quieren decir cosas muy diferentes. La potencia es una medida de la *rapidez* con la que se usa la energía. Si usas 10 julios en 5 segundos, o 10 julios en 10 segundos, en ambos casos la *energía* que has usado es la misma (a saber, 10 julios). Pero en el primer caso la *potencia* ha sido 10/5 = 2 vatios. En el segundo caso la *velocidad* a la que se ha usado la energía es menor: 10/10 = 1 vatio. Potencia menor significa menor ratio de uso de la energía.

La energía en el hogar

La energía llega a nuestros hogares en formas diferentes. A la que estamos más acostumbrados es a la que tomamos de los enchufes: la electricidad. La energía eléctrica es suministrada por una fuente de corriente eléctrica, como una batería o un generador eléctrico. En la mayoría de los hogares, la energía eléctrica se compra a una compañía eléctrica que tiene multitud de grandes generadores alimentados por carbón, gas o energía nuclear. La energía producida por estos generadores viaja hasta los hogares individuales a lo largo de las líneas eléctricas. La unidad de energía que se vende a los hogares es 1000 vatios a la hora, lo que se llama *kilovatio-hora*, o abreviadamente kWh.

¿Cuánta energía es 1 kWh? Veamos, 1000 vatios por hora es igual a 1000 julios por segundo x 3600 segundos = 3.600.000 julios. Y por esta cantidad se paga aproximadamente 13 céntimos de euro (precio medio en la Unión Europea). Imaginemos que contratas a un atleta de primera categoría para que produzca esta energía para ti, por ejemplo pedaleando en una bicicleta que mueve un generador. Un atleta puede generar 300 vatios durante varias horas, por lo que le llevará más de

El caballo de vapor

El caballo de vapor aún se usa para expresar la potencia de los motores de combustión. Un caballo de vapor (1 hp) es igual a 746 vatios. Curiosamente, esto es aproximadamente un 50% más de lo que un caballo normal puede rendir trabajando de forma sostenida durante toda una jornada. ¡Un coche moderno puede tener unos 200 caballos, es decir unos 150 kW!

Unidades de potencia

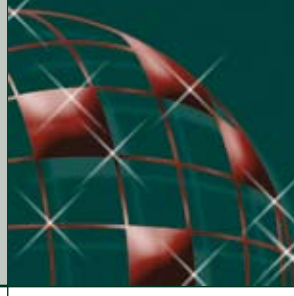
1 vatio = 1 julio / segundo

1 kW = 1000 vatios

1 caballo de vapor (hp) = 746 vatios

© www.freeimages.co.uk

Con 1 kilovatio-hora un equipo de música puede funcionar entre 20 y 30 horas.



tres horas de duro trabajo. ¡Y probablemente tendrías que pagarle mucho más de 13 céntimos!

Además de la electricidad, la energía llega a nuestras casas también en forma de combustibles fósiles, como gas, gasoil y gasolina. El gas y el gasoil se usan para cocinar y para calentar las casas en invierno. La gasolina, que se vende en las gasolineras, se usa para alimentar motores y coches. Muchos países tienen una red de tuberías subterráneas para distribuir el gas, y además el gas también se puede comprar en bombonas de diferentes tamaños, para muchos usos. En la tabla 3 vemos que el gas proporciona mucha energía por muy poco dinero. Por eso, casi siempre es preferible cocinar y calentar la casa con gas, si lo hay.

Para acabar, también podemos comprar pequeñas cantidades de energía portátil en forma de baterías. Ésta es la energía más cara: aunque una pila pequeña para un reloj de pulsera sea barata, ¡el precio por kWh es de unos 900 euros!

Forma de energía	Unidad	Coste unitario (Euro)	Contenido energético unitario (kWh)	Coste por kWh (Euro)
Electricidad	1 kWh	0,11	1	0,11
Gas natural	1 m^3	0,11	10	0,01
Gasolina	1 litro	1,1	8	0,13
Baterías	1 AA	1,0	0,001	900

Tabla 3.
Contenido energético y precio aproximado (en Holanda, 2002) de diferentes formas de energía.

Electrodoméstico	Consumo de potencia (Watts)	Tiempo medio de uso al mes (horas)	Consumo medio de energía al mes (kWh)
Calentador de agua	4500	89	400
Frigorífico-congelador (500 l)	450	333	150
Aire acondicionado (habitación)	700	200	140
Secadora de ropa	3500	17	59,5
Calentador para cama de agua	375	256	96
Calefactor eléctrico (portátil)	1500	40	60
Humidificador (portátil)	177	230	40,7
Televisor	200	183	36,6
Lavaplatos	1000	25	25
Horno microondas	1500	11	16,5
Ordenador (con monitor e impresora)	200	75	15
Equipo de música	250	60	15
Frigorífico (150 l)	100	125	12,5
Horno de convección	1500	8	12
Ventilador de techo	80	150	12
Aspirador	1560	6	9,4
Lavadora	500	17	8,5
Bombilla (incandescente)	75	100	7,5
Cafetera	1165	4	4,7

Tabla 4.
Consumo energético típico de los electrodomésticos *(continúa en la página siguiente).*

Qué se puede hacer con 1 kilovatio-hora

- Mantener la comida fría durante un día entero en un frigorífico energéticamente eficiente.
- Levantar la Torre Eiffel 4 cm.
- Subir 1 grado centígrado la temperatura de 0,86 m^3 de agua.
- Recorrer 1,6 km con un coche eléctrico de tamaño mediano.
- Escuchar el equipo de música entre 20 y 30 horas.
- Tener encendida una bombilla de bajo consumo de 18 vatios durante 55 horas.

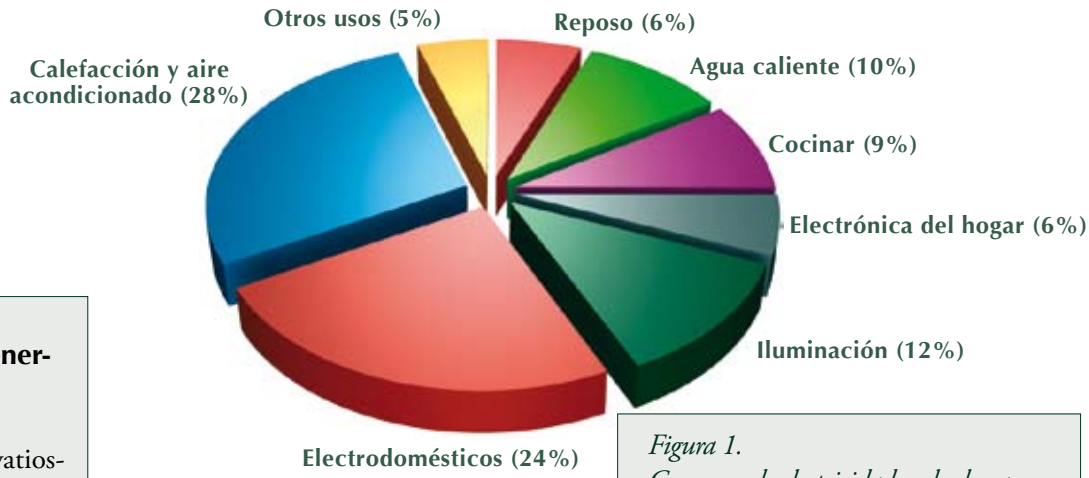


Figura 1.
Consumo de electricidad en los hogares europeos en 2000. La calefacción y el aire acondicionado representan el mayor porcentaje, siendo la iluminación solamente el 12% de la electricidad consumida. (Fuente: AIE).

Cómo leer la factura de la energía y el contador

El recibo indica cuántos kilovatios-hora de electricidad o cuántos metros cúbicos de gas se han consumido a lo largo de un determinado periodo. Para ver cuánta potencia eléctrica usas en un *momento* dado, puedes mirar el contador de la luz. Algunos contadores tienen un disco que se ve girar. Cuanta más potencia usas, más deprisa gira el disco. Puedes ver en una pantallita cuántos kilovatios-hora has utilizado. Del mismo modo, puedes ver en el contador del gas cuánto gas usas. Así puedes medir tu consumo de energía por hora, por día, por semana, etc.

¿Cuánta energía utilizamos?

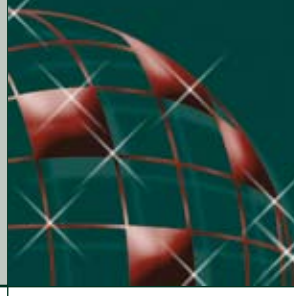
Cada día usamos energía, ¿pero cuánta? Depende de dónde y cómo vivimos, y de qué cosas hacemos. Hemos hablado de la unidad kilovatio-hora como medida de la energía, vamos a ver ahora cuántos kilovatios-hora de electricidad consumimos en un mes. La mayoría de los electrodomésticos tienen una etiqueta que dice cuánta potencia consumen. Un televisor, por ejemplo, puede consumir cerca de 200 vatios, y una tostadora aproximadamente 1400 vatios.

Si quieres saber cuanta energía gastas, también debes saber *cuánto tiempo* usas cada aparato eléctrico. Por ejemplo, un despertador eléctrico de 5 vatios que esté encendido durante todo un mes consume unos 3,7 kWh al mes, mientras que una tostadora de 1400 vatios que funciona sólo dos horas al mes, consume menos de 3 kWh al mes. O sea que aparatos pequeños que parece que consumen poca energía, realmente pueden gastar mucha electricidad sin que nos demos cuenta. La tabla 4 lista la energía típica consumida por varios electrodomésticos, cuántas ho-

En algunos casos, un reloj (de 5 W) consume más energía al mes que una tostadora (de 1400 W). Esto se debe a que el reloj está funcionando todo el mes, mientras que la tostadora sólo se usa durante cortos períodos de tiempo.

Appliance	Power use (Watts)	Monthly use (hours)	Monthly energy use (kWh)
Bombilla (Fluorescente)	40	100	4,0
Reloj	5	730	3,7
Tostadora eléctrica	1400	2	2,8
Secador de pelo	1000	2,5	2,5
Taladradora	300	3	1
Cepillo de dientes eléctrico (con cargador)	1	730	1

Tabla 4. Viene de la página anterior.



ras se usan en promedio al mes y cuánta energía consumen al mes.

¿Qué aparatos consumen más energía? En esa tabla vemos que los frigoríficos, los congeladores, los aparatos de aire acondicionado, los calefactores de aire, y los termos de agua caliente son los mayores consumidores de energía. En otras palabras, todos los aparatos relacionados con calentar o enfriar son los que consumen más energía en los hogares.

En la figura 1 se puede ver cuánta electricidad se consume en los hogares europeos. Por supuesto, la energía consumida en distintas aplicaciones presenta una gran variedad en toda Europa. El consumo medio de electricidad de una familia europea es de unos 4100 kWh al año, o 340 kWh al mes. Hay una forma fácil de comprobar cuánta electricidad consumes en realidad: ¡comprobar el recibo de la luz! La factura eléctrica muestra exactamente cuántos kWh de electricidad se han consumido en un año o en un mes.

En la tabla 5 aparece listado el consumo de electricidad por habitante en los países europeos. Está claro, como se puede ver en la tabla, que hay grandes diferencias entre los países, debido a muchos motivos. En Suecia, por ejemplo, sólo el 1% de la población tiene acceso a la red de distribución de gas. Por otra parte, Suecia dispone de mucha (y barata) energía hidroeléctrica. Por esta razón, los suecos utilizan la electricidad para casi todo, incluso para calentar las casas. Esto requiere mucha energía eléctrica.

Potencia en reposo

Algunos aparatos eléctricos no se apagan nunca completamente sino que se quedan en reposo. Esto también consume energía: un hogar medio consume aproximadamente 100 vatios de potencia en aparatos eléctricos en estado de reposo. Puedes comprobarlo en tu propia casa: si todos los aparatos eléctricos están apagados ¿el disco del contador sigue girando?

País	Millones de habitantes	Consumo eléctrico total en los hogares (1000 GWh al año)	Consumo eléctrico por persona (kWh por persona al año)
Suecia	8,9	41,4	4700
Finlandia	5,2	19,9	3800
Bélgica	10,3	25,9	2500
Francia	59,5	133,0	2200
Dinamarca	5,4	10,2	1900
Reino Unido	59,2	114,5	1900
Irlanda	3,9	7,4	1900
Austria	8,1	15,7	1900
Luxemburgo	0,4	0,7	1800
UE-15	379,4	663,6	1700
Chipre	0,7	1,2	1700
UE-25	453,8	723,8	1600
Alemania	82,5	131,1	1600
República Checa	10,2	14,1	1400
Holanda	16,1	22,8	1400
Grecia	11,0	15,8	1400
Eslovenia	2,0	2,7	1400
Malta	0,4	0,5	1300
España	41,2	50,6	1200
Italia	57,1	63,0	1100
Portugal	10,4	11,4	1100
Estonia	1,4	1,6	1100
Hungría	10,2	10,4	1000
Eslovaquia	5,4	4,9	910
Polonia	38.4	21.7	570
Letonia	2.3	1.3	570
Lituania	3.5	1.8	510

Tabla 5.
Consumo eléctrico por persona en los hogares europeos en 2002. Como Suecia y Finlandia disponen de energía hidroeléctrica, que es barata, la utilizan también para calefacción. Bélgica y Francia utilizan mucha energía nuclear de fisión. El número medio de personas que componen una familia europea es 2,6 (Fuente: Eurostat).

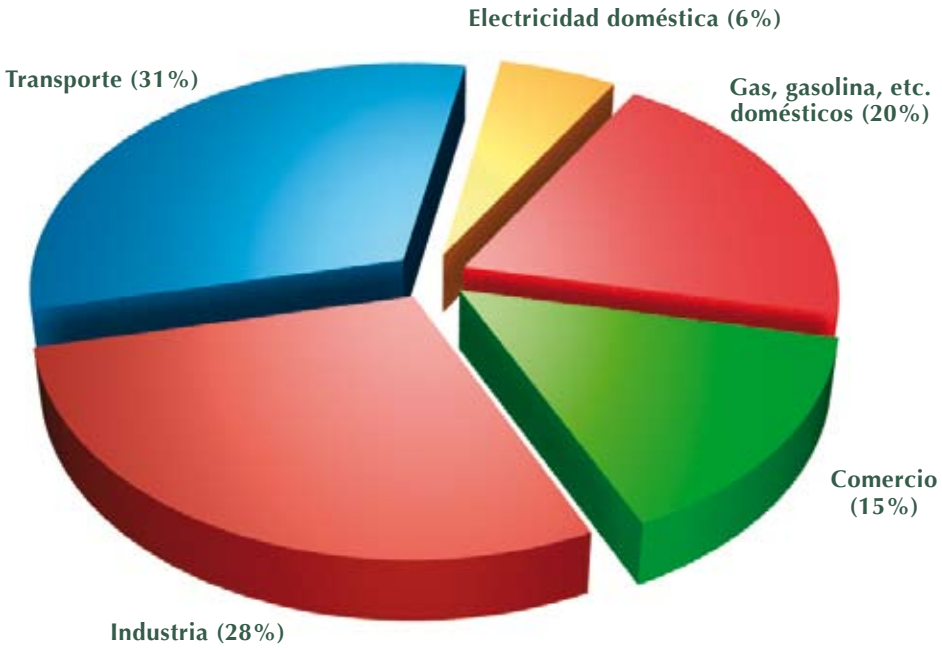


Figura 2.
Consumo de energía final por sectores en la Europa de los 25 en 2002. El consumo total de energía fue 1080 Mtep. La diferencia entre energía primaria y energía final se explica en el capítulo 1. (Fuente: Eurostat)

El uso de la energía primaria

Hasta ahora hemos hablado solamente de cuánta electricidad se consume en un hogar medio. Pero también se usa el gas para calentarnos y cocinar. Además, los coches, trenes y aviones usan gasolina u otros combustibles fósiles. Las fábricas usan energía y materias primas para producir artículos. Vamos a ver ahora cuanta energía consume todo un país.

Cada país utiliza de diferente forma sus fuentes de energía, con diferentes tecnologías y diferentes eficiencias. Por lo tanto es difícil comparar un país con otro y una forma de energía con otra. Así que vamos a usar el mismo truco que antes: vamos a expresar todos los litros de petróleo, los metros cúbicos de gas, etc., en términos de la energía que contienen y después los vamos a sumar. Como unidad usaremos la *tonelada equivalente de petróleo* o *tep*. Una tep es igual a 41.867 megajulios y es el contenido calorífico medio de una tonelada de petróleo crudo (equivalente al volumen de unos 7,5 barriles de petróleo).

Cuando hablamos de *energía primaria* nos referimos a la energía en su forma bruta, que puede ser en parte transformada en electricidad, en parte transformada en gasolina para el transporte y en parte destinarse directamente a calefacción o para procesos industriales. En lugar de enumerar las cifras por país, vamos a echar un vistazo a Europa occidental en conjunto y compararemos los valores con los de otras zonas del mundo. La tabla 6

Tabla 6.
Suministro total de energía primaria en varias zonas en el año 2002 (Fuente: AIE).

País	Millones de habitantes	Consumo total de energía primaria (millones de tep al año)	Consumo de energía primaria por persona (tep al año)
India	1049	539	0,51
África	832	540	0,65
China	1287	1245	0,97
Brasil	174	191	1,10
UE-25	455	1692	3,72
EEUU	287	2290	7,98
Todo el mundo	6196	10231	1,65

muestra cuánta energía primaria se consume en distintas regiones del mundo y cuánta por habitante.

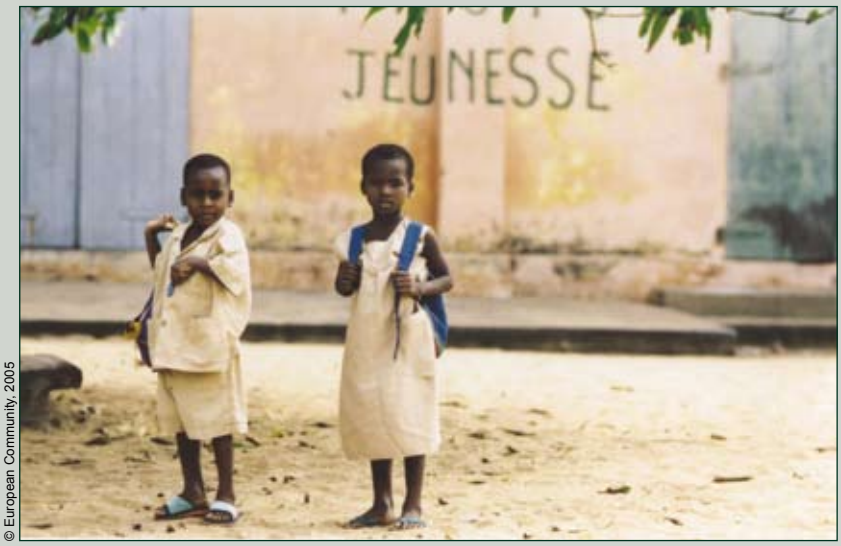
En la tabla 6 se puede ver que en Europa una persona consume 3,7 toneladas equivalentes de petróleo al año. El contenido energético de 3,7 toneladas equivalentes de petróleo es cerca de $1{,}5 \cdot 10^{11}$ julios. Si se utilizara sólo potencia muscular, ¿cuánta gente se necesitaría para generar toda esa energía? Una persona media puede generar unos 50 vatios continuamente, lo cual es $1{,}58 \cdot 10^{9}$ julios al año (trabajando día y noche, todos los días de la semana y todas las semanas del año). Por lo tanto, se necesitarían más de 100 personas para generar la energía que cada uno de nosotros consume. Cada uno de nosotros necesitaría 100 "esclavos productores de energía" para generarla.

¿Qué ocurre en el resto del mundo? El uso de la energía varía enormemente en todo el mundo. En la tabla 6 puedes ver que la energía que se consume en Estados Unidos es más de diez veces la que se consume en India y África, y más del doble de la que se consume en Europa.

Es difícil cuantificar exactamente la cantidad de energía primaria que se consume, ya que la energía primaria sufre varias transformaciones antes de convertirse en energía final. El carbón que se importa como energía primaria se consume en forma de electricidad, y el petróleo bruto que se importa, se refina, y se consume finalmente en forma de gasolina. Pero podemos sacar una idea general echando un vistazo a la cantidad de energía *final* consumida en diferentes sectores, como el transporte, la industria, y los hogares. Esto se muestra en la figura 2.

Vemos en la figura que el transporte y la industria representan por sí solos, cada uno de ellos, cerca de un tercio del consumo de energía de un país, siendo el resto del consumo el de los hogares y el sector servicios. Las fábricas consumen mucha energía, y el transporte de personas, mercancías, materias primas, etc. también. Sorprendentemente, el consumo eléctrico de los hogares sólo representa el 6% del consumo de energía final.

Niños en Benin, África. Los habitantes de EEUU. consumen 13 veces más energía que los habitantes de África.



© European Community, 2005

De la energía primaria a la energía eléctrica

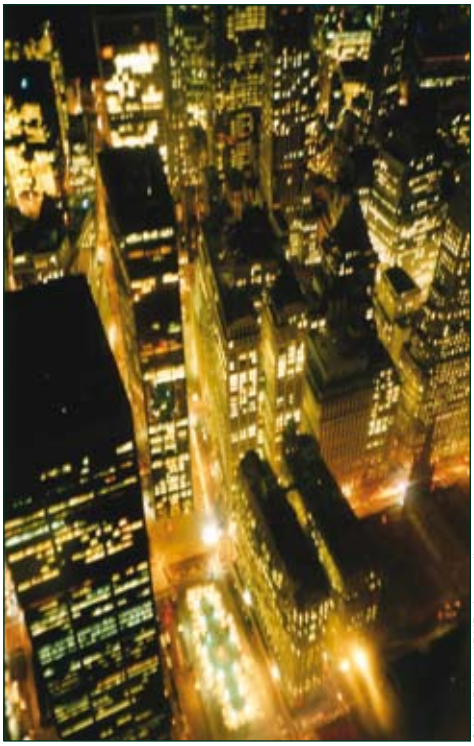
Para producir energía eléctrica se necesita una energía primaria, ya sea carbón, gas, viento, sol o el calor de una central nuclear. En el caso de los combustibles fósiles, que son los que todavía generan la mayor parte de la energía eléctrica, el combustible se quema para producir vapor, que a su vez se usa para mover una turbina de vapor. La turbina de vapor alimenta un generador eléctrico. No toda la energía contenida en los combustibles fósiles se transforma en energía eléctrica, ya que una gran parte se pierde como calor disipado.

La fracción de energía del combustible fósil primario que se transforma en energía eléctrica varía mucho según el combustible que sea y la tecnología que se aplique. Por término medio, alrededor del 33% de la energía presente en el combustible fósil primario se transforma en energía eléctrica, así que la eficiencia energética es del 33%. Esto significa que para producir un julio de energía eléctrica necesitas unos 3 julios de combustible fósil.

Lo mismo pasa con la energía solar. En un panel solar medio (de los que están disponibles comercialmente) cerca del 15% de la energía del sol que incide en el panel se transforma en energía eléctrica, el resto se pierde como calor. Así pues, un panel solar transforma la radiación solar en electricidad con una eficiencia del 15%.

El aprovechamiento eficiente de la energía

Es evidente que conviene ahorrar energía. Gastando menos se paga menos y el impacto en el medio ambiente es menor. Si queremos obtener los mismos servicios energéticos gastando menos energía, necesitamos usarla de un modo más eficiente. Por supuesto el mayor ahorro puede realizarse donde el consumo es mayor, o sea, en calefacción, refrigeración y transporte. Un buen aislamiento en una casa es barato y ahorra mucha de la energía que se gasta en calefacción (y refrigeración en verano). Cuando se abre un frigorífico se escapa todo el aire frío y por eso hay que mantenerlo cerrado el mayor tiempo posible. El aire acondicionado y la calefacción pueden apagarse por la noche. En general, los electrodomésticos nuevos, haciendo lo mismo, consumen mucha menos energía que los antiguos. Algunos frigoríficos antiguos, por ejemplo, gastan hasta el triple de energía que los nuevos.



© Matt Bridger / DHD photo gallery

Manhattan de noche, Nueva York, EEUU.

Las bombillas corrientes (llamadas "incandescentes") transforman en luz aproximadamente el 5% de la energía que consumen, el resto se convierte en calor. Una bombilla incandescente es, de hecho, un pequeño calefactor que además también da un poco de luz. Las bombillas de bajo consumo lo hacen mucho mejor ya que transforman en luz de 4 a 6 veces más de energía, según el tipo. Así que, si usas lámparas con bombillas de bajo consumo, necesitas cinco veces menos energía para obtener la misma cantidad de luz. Y además duran mucho.

Volar consume mucha energía. La cantidad de energía que se necesita para que una persona vuele de Europa a Nueva York ida y vuelta, es equivalente a la electricidad que gasta una familia en todo un año.

Actualmente muchas industrias están evolucionando hacia métodos de producción que gasten menos energía. Hay procesos ingeniosos que utilizan el calor que antes se perdía por la chimenea. Los restos de la biomasa pueden usarse para producir biogás, que a su vez se puede usar como combustible. Diseñando con cuidado los procesos industriales a veces se puede ahorrar hasta un 30% en el consumo de energía.

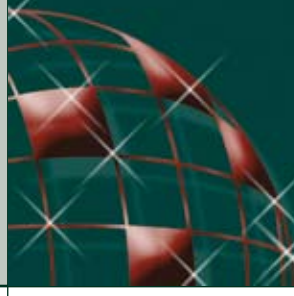
En este momento, se calcula que los electrodomésticos en modo reposo consumen hasta el 6% de la electricidad en los hogares europeos. La Unión Europea está intentando establecer 1 vatio como límite superior para el consumo de potencia en reposo de todos los electrodomésticos.

La energía utilizada por la industria

Cada material que se fabrica ha requerido cierta cantidad de energía en su elaboración, y esta energía se llama energía *incorporada*. Es más, algunos materiales se fabrican a partir de otros productos, como por ejemplo los plásticos, que se fa-

Tabla 7.
Energía incorporada en los materiales de construcción habituales (Fuente: CSIRO, Australia).

Material	Energía incorporada (MJ por kg)	Energía incorporada (tep por ton)
Aluminio (nuevo)	170	4,06
PVC	80	1,91
Tablero	24,2	0,58
Aluminio (reciclado)	17	0,40
Acero	38	0,90
Viga de madera	3,0	0,07
Ladrillo de arcilla	2,5	0,06
Hormigón	1,9	0,05



brican a partir de los derivados del petróleo. En la tabla 7 se puede ver la energía incorporada en megajulios por kilogramo de algunos materiales de construcción habituales. Como puedes ver, especialmente el aluminio y el PVC (que se usa para hacer tuberías de plástico) requieren mucha energía. El cemento, los ladrillos y las vigas de madera son los que tienen menos energía incorporada. Los materiales empleados para construir una casa media pueden incorporar fácilmente hasta 900.000 megajulios, o lo que es lo mismo 250.000 kWh. ¡Esto equivale al consumo de electricidad de un hogar europeo medio durante 6 años!

Algunas industrias consumen más energía que otras. Hay cinco sectores industriales que son los mayores consumidores. El primero es el propio sector energético: las centrales eléctricas, las refinerías de petróleo y los procesos de transformación del carbón requieren gran cantidad de energía para convertir combustibles en bruto, como el carbón y el petróleo, en la forma de energía que se necesite. Las industrias metalúrgicas consumen energía para producir acero, cobre y aluminio a partir del mineral o de chatarra. En especial, la fabricación de aluminio a partir del mineral requiere mucha energía, y es frecuente encontrar las fábricas de aluminio en las proximidades de fuentes de energía barata, como una central hidroeléctrica. La industria química consume energía para elaborar productos químicos básicos que se utilizan a su vez en cualquier otra industria, como plásticos y fibras sintéticas, y productos finales como medicamentos, cosméticos y fertilizantes. La fabricación de papel a partir de pulpa de madera o de otras fibras consume mucha energía en los procesos de calentamiento y secado. Finalmente, los materiales no metálicos, como cemento, vidrio y todo tipo de ladrillos, requieren mucha energía, ya que se fabrican en hornos especiales.

En general, el sector industrial gasta gran parte de la energía que consume un país. En Europa, por ejemplo, la industria se lleva el 28% de toda la energía final (ver figura 2).

La industria consume mucha energía.

4 Las fuentes de energía

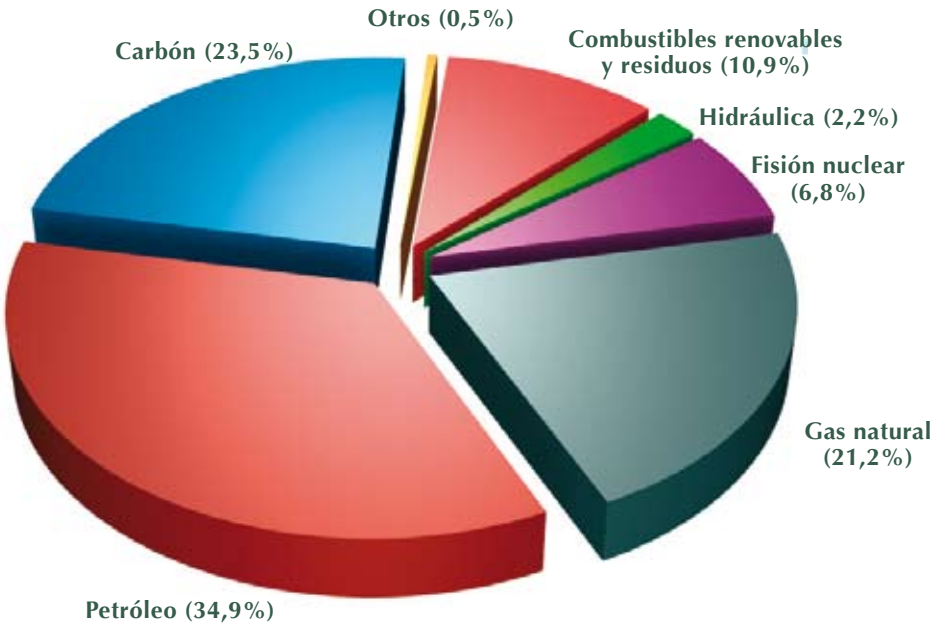
Hay muchas fuentes de energía. Usamos combustibles fósiles como el carbón, el petróleo, el gas, usamos la energía del viento y del sol, tenemos centrales eléctricas basadas en la fisión nuclear y grandes centrales hidráulicas. Los científicos están desarrollando la energía de fusión, que es la fuente de energía del sol y de las estrellas.

En 2002 el consumo total de energía en el mundo ascendió a 10.230 millones de tep. Esta enorme cantidad de energía fue suministrada a partir de diferentes fuentes, como se muestra en la figura 3. En este capítulo vamos a mirar más en detalle todas esas fuentes de energía.

La energía de los combustibles fósiles

El carbón, el petróleo y el gas alimentan más del 80% de los servicios energéticos totales en el mundo. Se llaman combustibles fósiles porque se han formado a partir de plantas y animales prehistóricos que vivieron hace unos 300 millones de años. Cuando esos antiguos organismos murieron, quedaron enterrados bajo capas de rocas, barro y arena. Durante millones de años los restos de estas plantas y animales muertos fueron sometidos a grandes presiones y temperaturas, lo que provocó su descomposición, y dio lugar a los combustibles fósiles que utilizamos hoy. Se formaron diferentes tipos de combustible fósil (petróleo, gas, carbón...) dependiendo de qué restos animales y vegetales estaban presentes, y de las temperaturas y presiones a las que habían estado sometidos.

Figura 3.
Fuentes de energía primaria en el año 2002 en todo el mundo. La cantidad total de energía consumida en 2002 fue 10.230 Mtep. La categoría "otras" comprende energía geotérmica, solar, eólica, etc. (Fuente: AIE)



El petróleo

El petróleo es lo que hace que un país se mueva. Casi toda la flota de transporte (coches, camiones, aviones y trenes diesel) funciona con combustibles derivados del petróleo. El petróleo que sale de un pozo (llamado petróleo crudo) es un material muy complejo, y durante el proceso de refinado se extraen cerca de treinta combustibles diferentes (gasolina, combustible para los aviones, carburante diesel, etc.). Los lubricantes obtenidos a partir del petróleo mantienen en marcha la maquinaria de las fábricas. Subproductos del refinado del petróleo se transforman en fertilizantes, que se utilizan para aumentar la producción de alimentos.

El petróleo y el gas natural se han formado a partir de organismos marinos que quedaron enterrados bajo capas de sedimentos cuando se depositaron en el fondo del mar. El petróleo se encuentra en el subsuelo en forma de diminutas gotas atrapadas en el interior de los poros de las rocas. Esos poros y las gotas de petróleo son tan pequeños que sólo pueden verse con el microscopio. El petróleo está compuesto de hidrocarburos que son largas cadenas de átomos de carbono y átomos de hidrógeno unidos entre sí.

El gas natural

El gas natural consiste principalmente en metano (CH_4), un compuesto que tiene un átomo de carbono rodeado por cuatro átomos de hidrógeno. El metano es altamente inflamable y en las condiciones adecuadas puede arder de una manera muy limpia, es decir, emitiendo muy pocas sustancias contaminantes, como dióxido de azufre u óxidos de nitrógeno, y sin producir cenizas. El gas natural es incoloro y en estado puro, inodoro.

Hoy en día, el gas natural proporciona la quinta parte de toda la energía consumida en el mundo. Es especialmente importante en los hogares, donde representa cerca de la mitad de toda la energía usada para calefacción, agua caliente y para cocinar. Dado que el gas natural es inodoro, las compañías de gas le añaden un producto químico para que tenga olor. El olor sirve de aviso en caso de una fuga de gas en una casa.

El gas natural es fácil de transportar por gasoductos, y arde limpiamente con gran eficiencia. El gas se usa en centrales eléctricas para generar electricidad y en las fábricas como combustible y como ingrediente de varios productos químicos, como por ejemplo los fertilizantes.

Bombeo del petróleo del subsuelo.

© Mark Tiele Westra

Cada día consumimos 84 millones de barriles de petróleo en todo el mundo.

El carbón

De todos los combustibles fósiles el carbón es el más abundante y el que tiene la historia más larga. Se ha usado para calentarse desde los tiempos más remotos y ahora se usa principalmente para generar electricidad. Hasta 1800 también se usó mucho el carbón vegetal, que se obtiene de la madera. El carbón se ha formado a partir de los restos de árboles, helechos y otras plantas que vivieron hace 300 o 400 millones de años.

Hay diferentes tipos de carbón, con diferentes propiedades. La antracita, que es muy dura, produce mucho calor, pero poca llama y humo. En general, cuanto más duro es el carbón más energía contiene, hasta 31 MJ por kilogramo. El carbón de hulla, que se usa sobre todo en las centrales eléctricas, tiene menos contenido energético, 25 MJ por kilogramo. En algunos países se usa el lignito, que tiene incluso menos contenido energético.

El carbón fósil se quema en las centrales eléctricas para producir electricidad. Si la electricidad consumida en un hogar europeo medio (4100 kWh al año) se produjera exclusivamente a partir de carbón, esa familia estaría gastando 1800 kg de carbón al año. Aunque no hayas visto nunca el carbón, lo estás utilizando cada día.

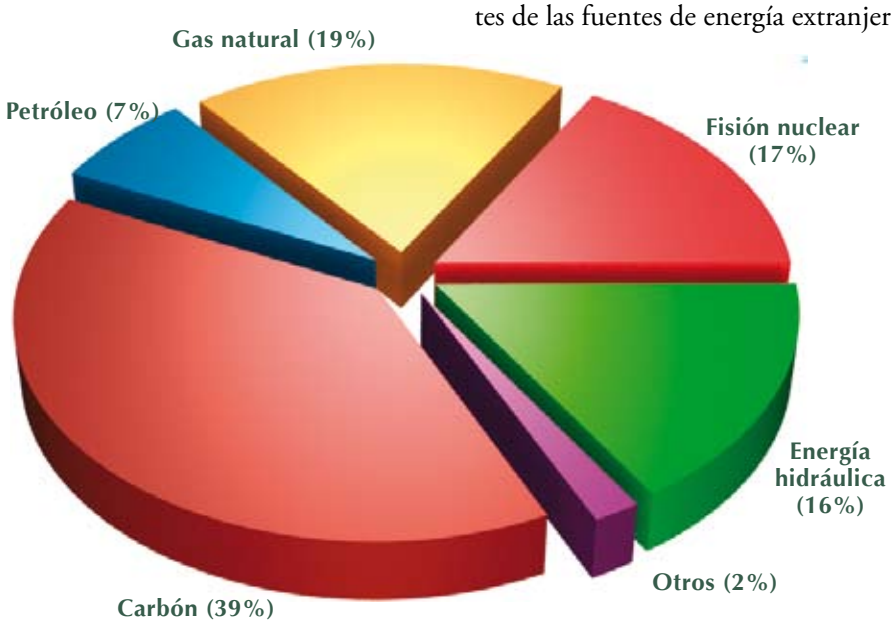
Cómo usamos los combustibles fósiles

Usamos los combustibles fósiles sobre todo para el transporte, la calefacción, y para producir electricidad. El uso principal del petróleo es como combustible para el transporte, el gas se usa sobre todo para calefacción y para producir electricidad, y la mayor parte del carbón se usa también para producir electricidad, como se ve en la figura 4.

Cada año consumimos gran cantidad de combustibles fósiles, combustibles que la naturaleza tardó un millón de años en fabricar. Todavía hay grandes reservas de combustibles fósiles (al menos de carbón) suficientes para satisfacer nuestras demandas de energía durante otro siglo como poco. Pero hay una serie de problemas asociados al hecho de quemar combustibles fósiles. En primer lugar, su combustión produce muchos contaminantes que se emiten a la atmósfera, como dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_X) y pequeñas partículas. En segundo lugar, el dióxido de carbono (CO_2) que se forma (los combustibles fósiles son en su mayor parte carbono) actúa como un manto alrededor de la Tierra que retiene el calor, incrementando el llamado *efecto invernadero*. Tenemos la suficiente cantidad de combustibles fósiles baratos como para que su uso cree un problema climático muy grave. Todo esto se tratará en el próximo capítulo.

Otro problema es que los combustibles fósiles no están repartidos uniformemente por todo el mundo. Alrededor del 80% de las reservas mundiales de petróleo están localizadas en Oriente Medio, y en unos 30 años, la mayoría de las reservas de gas europeas estarán mermadas. Hay muchos países que quieren ser menos dependientes de las fuentes de energía extranjeras.

Figura 4.
Producción de electricidad mundial a partir de diferentes fuentes en 2002. La cantidad total de electricidad producida fue 15.476 TWh. La categoría "otras" comprende energía geotérmica, solar, eólica, combustibles renovables y residuos, etc. (Fuente: AIE)



¿Cómo se genera la electricidad?

Si exceptuamos las células solares y las pilas de combustible, que se tratan más abajo, toda la electricidad se produce mediante algún tipo de generador eléctrico. En un generador eléctrico, la electricidad se obtiene haciendo girar una bobina en un campo magnético. El campo magnético variable induce una corriente eléctrica en la bobina y en un circuito externo, donde se puede usar para hacer algo útil. Hay muchas maneras de hacer que el generador se mueva, por ejemplo, mediante turbinas de vapor, turbinas de gas o aerogeneradores.

En el caso de una turbina de vapor, una fuente de calor (por ejemplo la combustión de combustibles fósiles o el calor liberado por las reacciones nucleares) se usa para producir vapor. El vapor se conduce hacia la turbina, que está acoplada mecánicamente a un generador eléctrico. El generador eléctrico produce electricidad como se ve en la figura 5.

Una turbina de gas trabaja de forma similar: cuando el gas se enciende y comienza a arder, los gases de la combustión se expanden en una turbina que acciona un generador eléctrico al que está acoplada. A veces también el calor que produce la combustión del gas se usa para hacer vapor, que a su vez mueve una turbina de vapor. Este proceso se llama *ciclo combinado* y es muy eficiente. Si también se aprovecha el calor residual de la turbina, por ejemplo, para una fábrica o para calefacción doméstica, tenemos una *Central de Cogeneración o Central Combinada de Calor y Electricidad*.

En el caso de un aerogenerador, las palas están conectadas a un generador eléctrico, y al girar lo impulsan. En el

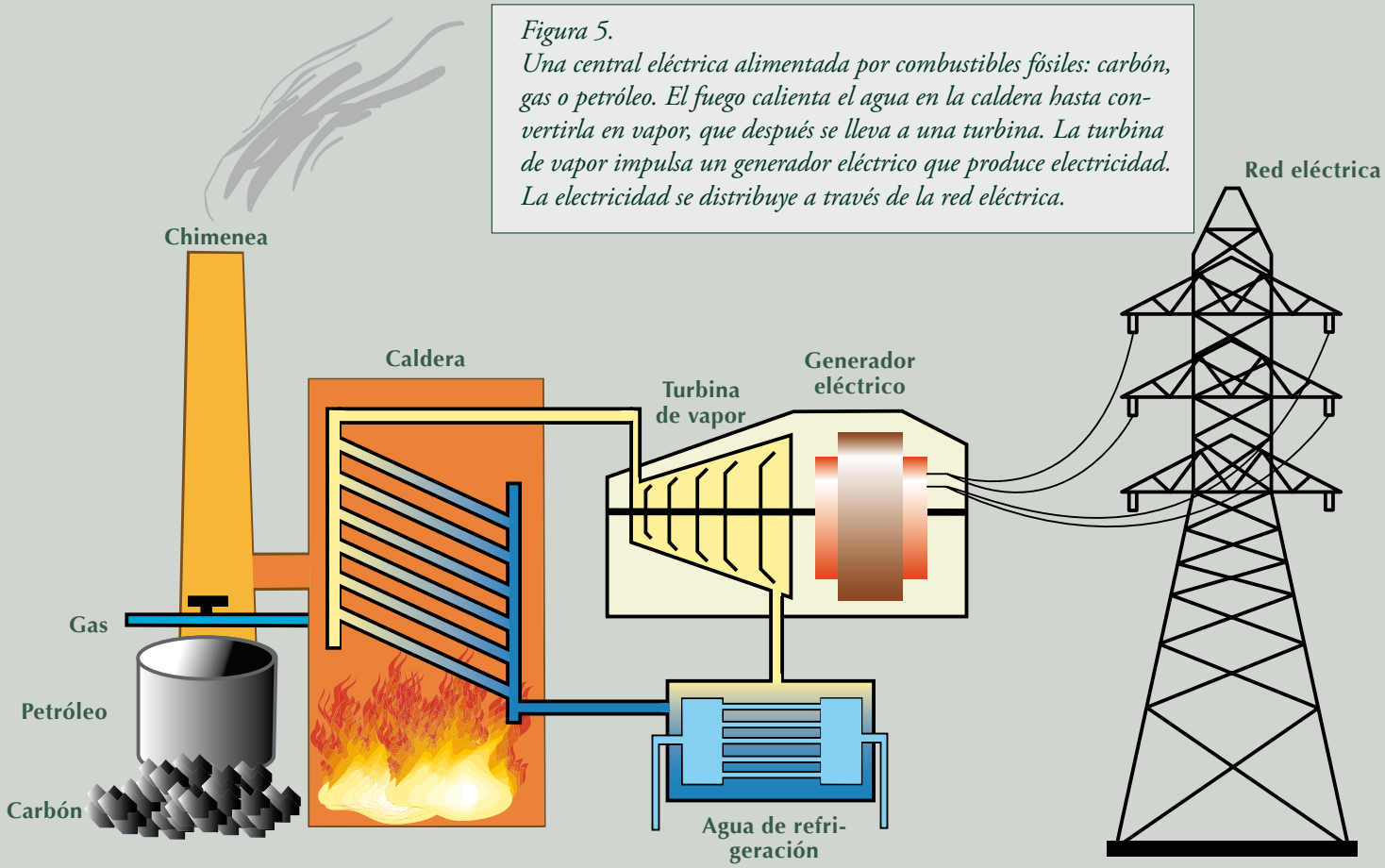
caso de las centrales hidroeléctricas, el agua, al caer, se lleva a una turbina hidráulica que impulsa un generador eléctrico. Más adelante vamos a examinar más de cerca todas estas formas de producir electricidad.

La energía eléctrica que se genera en grandes centrales eléctricas se distribuye por todo el país a lo largo de la red eléctrica, una extensa red de suministro basada en líneas de alta tensión que transportan la energía. Es importante recalcar que la electricidad no se almacena en la red eléctrica: cada porción de energía eléctrica que se consume, ha sido generada poco tiempo antes. Esto quiere decir que en cuanto enciendes una luz, hay alguna central eléctrica en algún sitio, que tiene que producir un poco más de energía, y por lo tanto, consumir más carbón o gas.

Por lo general un país tiene una serie de centrales eléctricas de gran tamaño cuya potencia va de 500 a 1500 MW cada una. La mayoría de estas centrales se alimentan de carbón o gas, o funcionan a partir de la energía nuclear de fisión. Hay otros equipos para generar electricidad más pequeños que se alimentan con gasoil, obtenido del petróleo. Se llaman *generadores diesel*, pueden producir entre 1 kW y 10 MW y son fáciles de transportar.

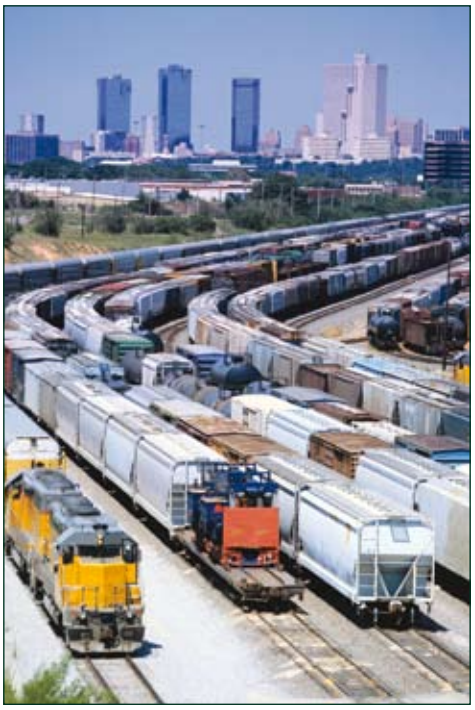
Se pierde mucha energía en el proceso de conversión de energía primaria como el carbón o el petróleo, a un servicio energético final como la iluminación o el agua caliente. Cuando se genera electricidad en una central eléctrica de carbón, por ejemplo, sólo cerca del 33% de la energía que contiene el carbón se transforma en electricidad, el resto se pierde como calor. Durante el proceso de distribución en la red, se pierde otro 10% de energía eléctrica. Y cuando finalmente se utiliza la electricidad para algún servicio energético, se pierde energía de nuevo. En la página siguiente se puede ver esto usando una bombilla como ejemplo.

Figura 5.
Una central eléctrica alimentada por combustibles fósiles: carbón, gas o petróleo. El fuego calienta el agua en la caldera hasta convertirla en vapor, que después se lleva a una turbina. La turbina de vapor impulsa un generador eléctrico que produce electricidad. La electricidad se distribuye a través de la red eléctrica.



La fisión nuclear

Hasta ahora hemos hablado de los combustibles fósiles. Los combustibles fósiles liberan su energía mediante una reacción química con el oxígeno del aire, lo que quiere decir que los átomos se reorganizan en nuevas moléculas más estables. También es posible una reordenación entre las partículas (protones y neutrones) que constituyen los núcleos de los átomos. En este caso, la energía que se libera en cada proceso individual es millones de veces mayor, porque las fuerzas que actúan en el núcleo son mucho mayores que las fuerzas implicadas en las reacciones químicas. Como se libera mucha más energía por cada kg de combustible, la cantidad total de combustible que pasa por una central eléctrica basada en este principio es miles de veces menor.



Casi todos los medios de transporte dependen del petróleo.

Hay dos tipos de reacciones nucleares en las que se puede liberar energía: en primer lugar, la división de núcleos muy pesados, como el uranio, utilizada en los reactores de fisión, y en segundo lugar, la unión de núcleos muy ligeros, como el hidrógeno, que tiene lugar en las estrellas y en los futuros reactores de fusión.

El uranio natural contiene uranio-235 y uranio-238, en los que el número indica la cantidad total de protones y neutrones

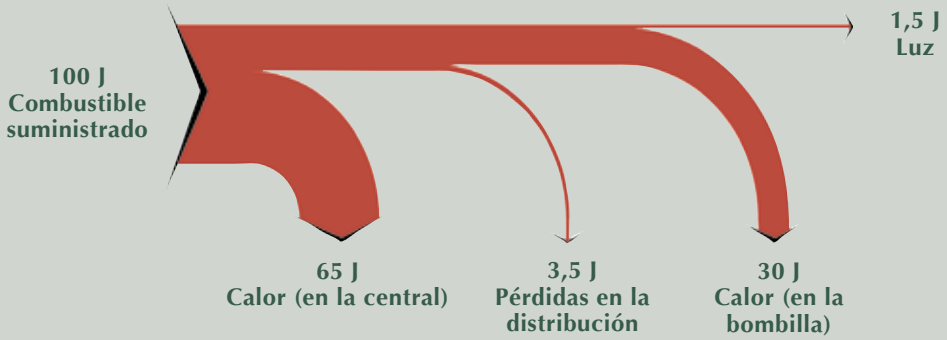


Figura 6.
Eficiencia energética desde la fuente hasta el consumo final en el caso de una bombilla incandescente (que produce luz al calentar un filamento metálico). De los 100 julios del combustible inicial, 65 julios se pierden como calor en la central eléctrica. Durante la distribución a través de la red eléctrica se pierden otros 3,5 julios. Ya en la bombilla sólo el 5% de la energía eléctrica se convierte en luz útil, es decir 1,5 julios, mientras que se pierden 30 julios en forma de calor. Los tubos fluorescentes son mucho más eficientes: en lugar de 1,5 julios, transforman en luz unos 8 julios (de los 100 iniciales).

en los núcleos. Ambos, uranio-238 (que tiene tres neutrones más en su núcleo) y uranio-235 son inestables, y por lo tanto, radiactivos, pero tienen unas vidas medias muy diferentes.

De vez en cuando, un núcleo de uranio-235 se desintegra espontáneamente y emite dos o tres neutrones. Si uno de esos neutrones libres es absorbido por otro núcleo de uranio-235, empieza también una serie de desintegraciones de este núcleo, que a su vez libera otros neutrones. Si hay suficiente uranio-235 en un espacio reducido, puede empezar una reacción en cadena, produciéndose mucha energía.

La fisión nuclear está ya muy extendida y las centrales nucleares suministran alrededor del 17% de la demanda mundial de electricidad. El material usado para la fisión, el uranio, se encuentra en el subsuelo en forma de mineral de uranio. El mineral de uranio contiene sobre todo uranio-238, y tiene que procesarse para que llegue a contener suficiente uranio-235. Una pequeña cantidad de uranio contiene mucha energía: un trozo del tamaño de una pelota de golf puede producir tanta electricidad como veinte vagones llenos de carbón, sin producir ni lluvia ácida, ni dióxido de carbono ni ningún otro gas contaminante.

Uno de los problemas de la fisión nuclear es que los materiales resultantes de la reacción de fisión son radiactivos. Estos residuos se deben manejar con mucho cuidado, y almacenar en lugares en los que no entren en contacto con el medio ambiente durante mucho tiempo (en algún caso durante decenas de miles de años). Se cree que las formaciones geológicas estables (como las minas de sal subterráneas) ofrecen la seguridad necesaria como lugares de almacenamiento. El hecho de que los productos de la fisión continúen emitiendo calor también implica que hay que seguir enfriándolos, incluso después de que haya parado la central.

El diseño de las centrales nucleares modernas ofrece un nivel muy alto de seguridad frente a accidentes como el escape de material radiactivo al medio ambiente exterior, usando, por ejemplo, sólidas barreras de protección. Estas centrales utilizan sistemas de seguridad múltiples e independientes, lo que quiere decir que incluso el fallo de un componente no compromete la seguridad del sistema.

Después de una paralización temporal en la construcción de nuevas plantas, muchos países están otra vez considerando la construcción de centrales nucleares. A pesar de los problemas de aceptación pública, la energía de fisión es, hoy en día, junto con la hidroeléctrica, la única gran fuente de energía que no genera CO_2. La energía de fisión es una de nuestras principales fuentes de energía a gran escala. Así que definitivamente merece la pena intentar resolver los problemas de seguridad y de residuos, y usar la energía que ofrece la fisión del mejor modo posible.

© Stichting Borssele 2004+

Central nuclear en Borssele, Holanda.

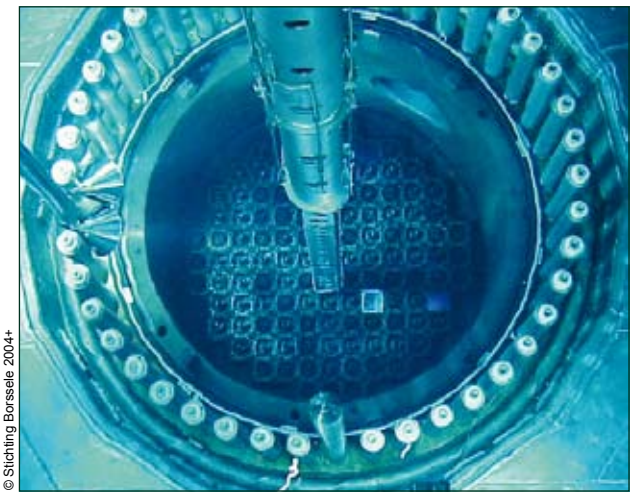
Einstein y la energía nuclear

Einstein descubrió que la masa se puede convertir en energía y al revés. Esto se expresa en su famosa fórmula $E=m\cdot c^2$. En esta fórmula E es la energía, m es la masa y c es la velocidad de la luz. La fórmula describe cuánta energía se obtiene cuando conviertes en energía una masa m. La velocidad de la luz es un número muy grande: 299.792.458 metros por segundo. El cuadrado de ese número es un número *enorme*. Si conviertes 500 kilogramos de masa en energía, obtienes $4{,}5 \cdot 10^{19}$ julios de energía, suficiente para cubrir la demanda total de electricidad en todo el mundo durante un año. Así es el poder de la energía nuclear.

Sin embargo no es posible transformar una masa completamente en energía. En una reacción nuclear típica, sólo un pequeño porcentaje de la masa de los núcleos que están reaccionando se convierte en energía. En el caso del sol, cuatro núcleos de hidrógeno se fusionan para formar uno de helio. El núcleo de helio es un 0,7% más ligero que los cuatro núcleos de hidrógeno, y la masa que falta se ha convertido en energía.

La energía de fusión

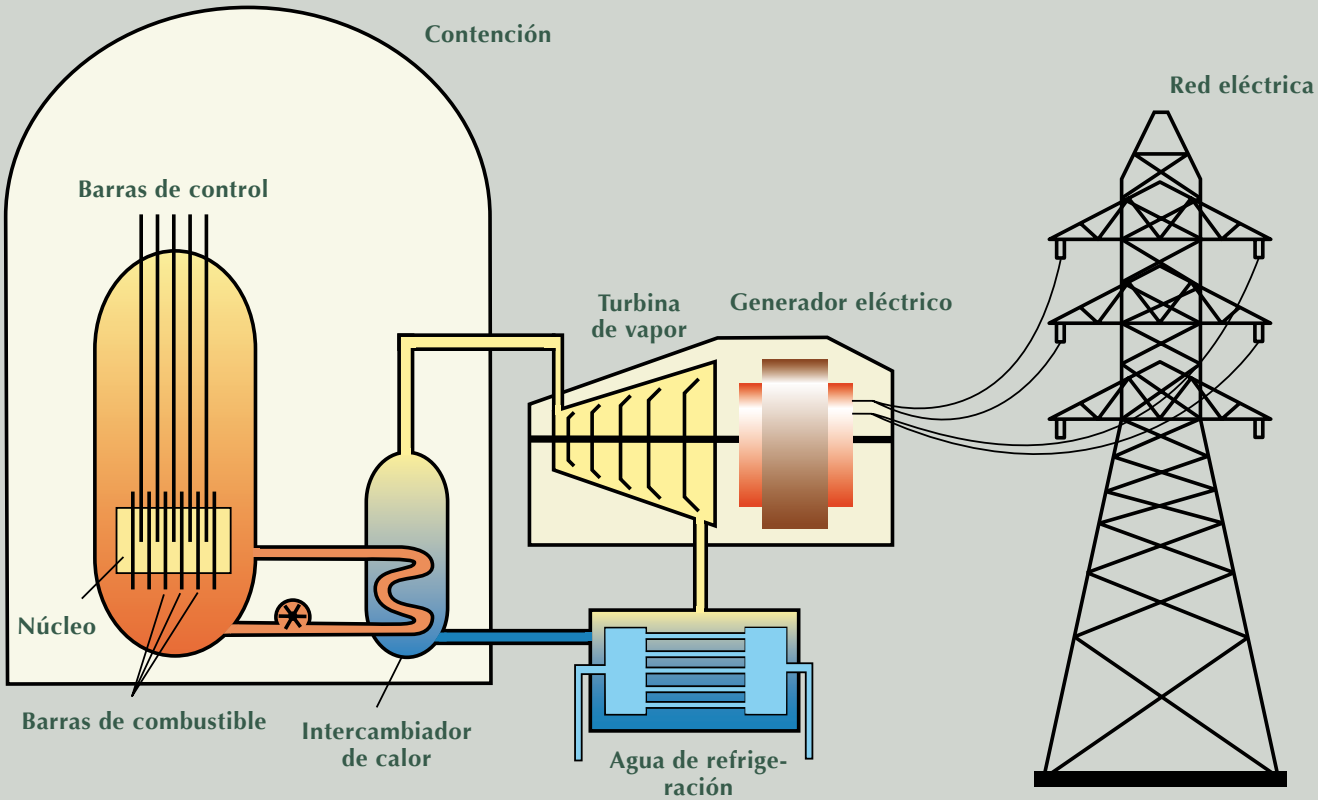
La fusión nuclear es el proceso en el cual dos núcleos pequeños se fusionan entre sí para formar uno mayor, y esto libera mucha energía. La fusión es la fuente de energía del Sol y las estrellas y por lo tanto es la fuente de energía más común en el universo. El Sol fusiona 600 millones de toneladas por segundo del más ligero de los elementos, el hidrógeno, para formar helio. El proceso de fusión no produce ningún gas de efecto invernadero.

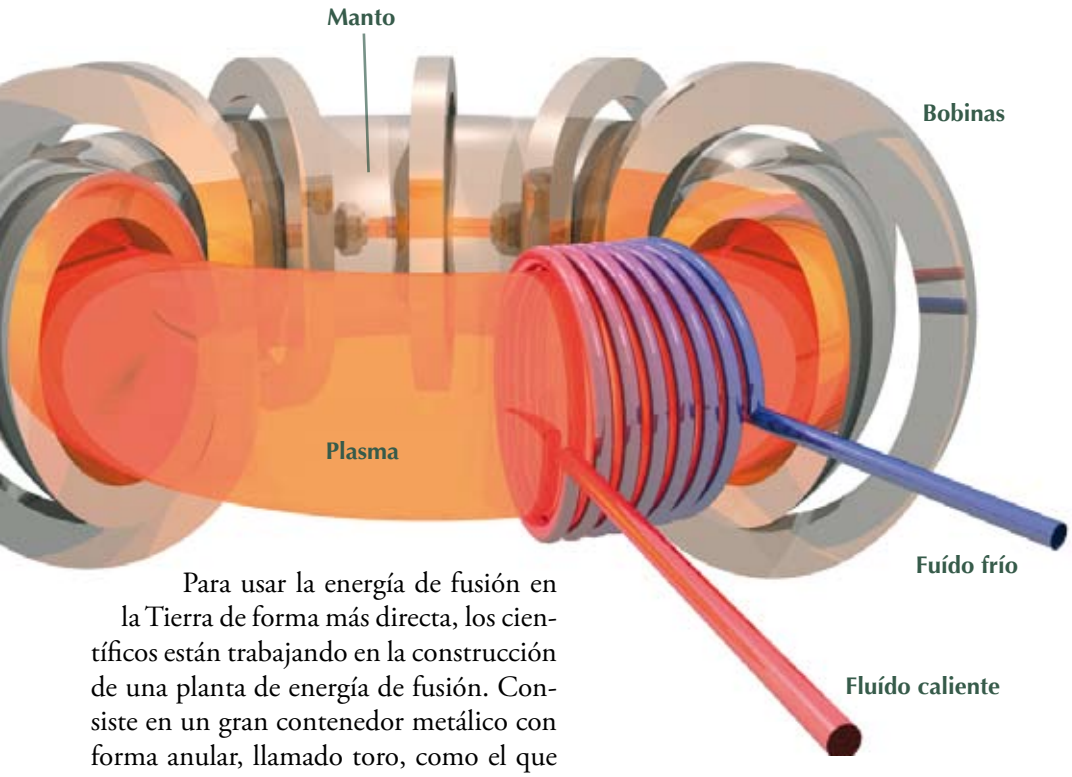


© Stichting Borssele 2004+

Cambio de una barra de combustible en el núcleo de un reactor.

En cierto sentido, casi toda la energía que usamos proviene de la energía de fusión. Los combustibles fósiles fueron una vez plantas que crecieron gracias a la energía de la luz solar. El viento es causado por diferencias de temperatura en la atmósfera, producidas por el Sol. La energía hidráulica es debida a los ciclos de agua a través de la atmósfera, lo que es causado por el Sol. Y el Sol es alimentado por la fusión.



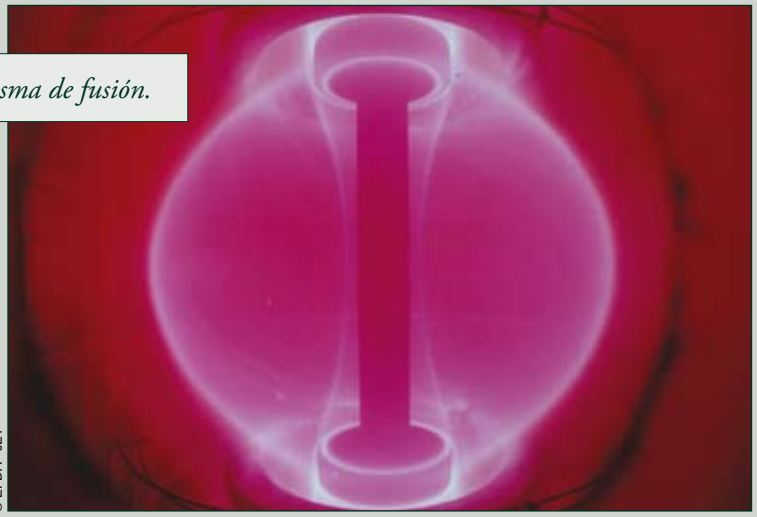


Para usar la energía de fusión en la Tierra de forma más directa, los científicos están trabajando en la construcción de una planta de energía de fusión. Consiste en un gran contenedor metálico con forma anular, llamado toro, como el que se ve en la figura 8. Dentro del toro, se calienta un gas hasta la altísima temperatura de unos 150 millones de grados, que es como diez veces la del interior del Sol. Esta temperatura tan alta hace que los núcleos se fusionen. El calor que se libera en la fusión se utiliza para producir vapor con el que se mueve una turbina. Se espera que una planta de energía de fusión produzca unos 1000 MW, que es la potencia típica de una central nuclear moderna.

Figura 8.
En qué se basa un reactor de fusión. En el plasma, el deuterio y el tritio se fusionan, liberando gran cantidad de calor. El plasma está contenido en un recipiente mediante grandes campos magnéticos producidos por imanes en forma de D. Dentro del recipiente hay un manto y por su interior circula un fluido que se lleva el calor producido por las reacciones de fusión. El fluido caliente se usa para hacer vapor que impulsará una turbina para generar electricidad.

Figura 7 (izquierda).
Cómo funciona una central nuclear de fisión. Las barras de combustible que contienen uranio se insertan en el núcleo del reactor. Las barras de combustible se calientan por las reacciones nucleares, y calientan el agua, que se usa para producir vapor mediante un intercambiador de calor. El vapor se usa para impulsar una turbina. Por seguridad, el núcleo del reactor está dentro de una estructura de contención.

Un plasma de fusión.



© EFDA - JET

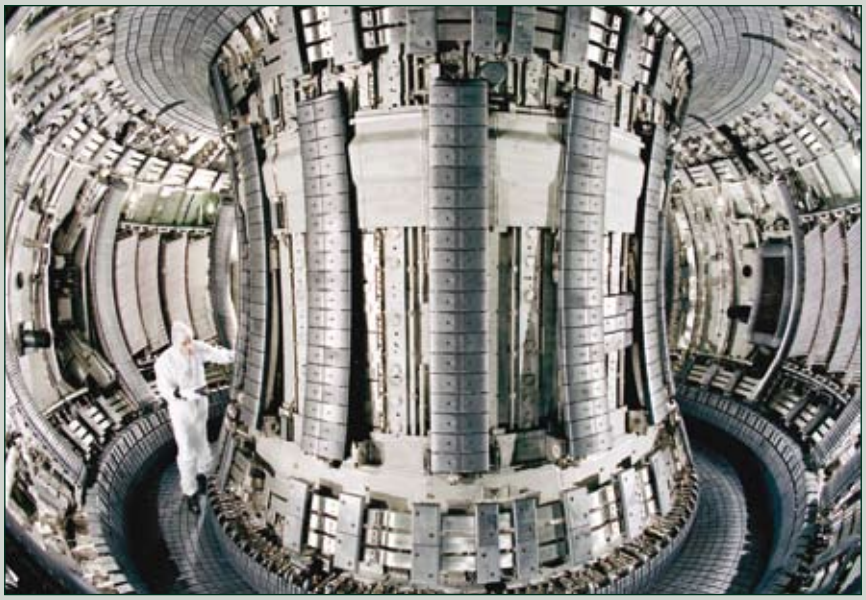
En la Tierra, los combustibles que se usarán son deuterio y tritio, que son ambos lo que se denomina isótopos del hidrógeno. El deuterio tiene en su núcleo un neutrón más que el hidrógeno, y se puede obtener del agua de mar: cada metro cúbico de agua de mar contiene 33 gramos de deuterio. El tritio, que tiene dos neutrones más que el hidrógeno, es un elemento radiactivo con una vida media de 12,3 años, de modo que no se puede encontrar en la naturaleza. Se puede producir en el interior de un reactor de fusión a partir del litio, que es un metal común. En el proceso de la fusión, un núcleo de deuterio y un núcleo de tritio se combinan para dar lugar a un núcleo de helio y un neutrón libre.

Los combustibles de la fusión contienen mucha energía: el deuterio presente en un litro de agua de mar, más una cantidad igual de tritio, equivalen a la energía contenida en 340 litros de gasolina. Una planta típica de fusión nuclear de 1000 MW necesitaría unos 250 kg de combustible al año. Hay suficiente deuterio en los océanos del mundo para satisfacer nuestras demandas de energía durante millones de años.

Sin embargo, es difícil hacer un Sol en la Tierra. Si se calienta un gas hasta cien millones de grados, se convierte en un plasma, lo que implica que los átomos han sido despojados de sus electrones. Para asegurarse de que el plasma caliente no toca las paredes internas del toro, hay que confinarlo y controlarlo mediante campos magnéticos muy fuertes. En este momento la investigación se dirige a dominar esta fuente de energía en la Tierra y no se espera que la fusión pueda contribuir a cubrir la demanda mundial de energía de una manera significativa antes de la segunda mitad de este siglo. Para el año 2015 se prevé que empiece a funcionar ITER, el siguiente gran experimento científico en fusión. ITER, que se va a construir cerca de Cadarache, en el sur de Francia, deberá demostrar que la fusión es factible desde un punto de vista científico y tecnológico.

Aunque el proceso de fusión en sí mismo no produce residuos, la estructura interna del reactor se vuelve radiactiva durante la operación, debido a los neutrones que se producen en la reacción de fusión. Al final de la vida de una central de fusión, esos componentes del reactor deben ser desmantelados y almacenados durante unos cien años. Después de ese tiempo, ya no hará falta disponer de un almacenamiento para largos periodos, y los materiales almacenados pueden ser reutilizados o tratados como cualquier otro residuo.

Interior de la cámara toroidal de un reactor de fusión. La cámara que se ve pertenece al experimento JET (Joint European Torus), cerca de Oxford, Inglaterra. La escala se puede adivinar por el hombre que hay dentro.



© EFDA - JET

La energía hidráulica

La energía hidráulica utiliza la energía de un salto de agua para mover un generador eléctrico. En algunos países montañosos, como Nepal, el agua de los arroyos se usa para mover pequeños generadores y producir energía suficiente para uno o más hogares. Estos sistemas son a veces tan

Fuentes de energía renovables

La energía de una fuente renovable se renueva constantemente y por lo tanto nunca se acabará. La energía del sol, la del viento y la del agua son ejemplos de fuentes renovables. La biomasa, como la madera y las plantas, puede ser una fuente renovable si se les permite crecer de nuevo. Y la energía geotérmica, el calor que hay dentro de la Tierra, puede llamarse renovable porque hay tanto que no se agotará mientras la humanidad exista. Cuando la energía de fusión esté disponible comercialmente, también podrá suministrar energía durante millones de años.

Algunas fuentes renovables como la solar y la eólica se pueden utilizar casi en cualquier lugar del mundo, aunque la cantidad disponible depende de la ubicación. Las unidades que generan electricidad a partir de estas fuentes son generalmente pequeñas, como por ejemplo los paneles solares o los aerogeneradores. Esto hace que estas fuentes sean muy adecuadas para generar electricidad en las proximidades de donde se va a consumir, lo que se llama una forma descentralizada o distribuida de generar electricidad. Lo contrario es la producción centralizada de electricidad, que se basa en grandes centrales eléctricas y potentes redes de distribución de la energía.

Energía hidroeléctrica: el agua fluye desde el embalse que está detrás de la presa a través de unas turbinas.

© PIX DOE/NREL

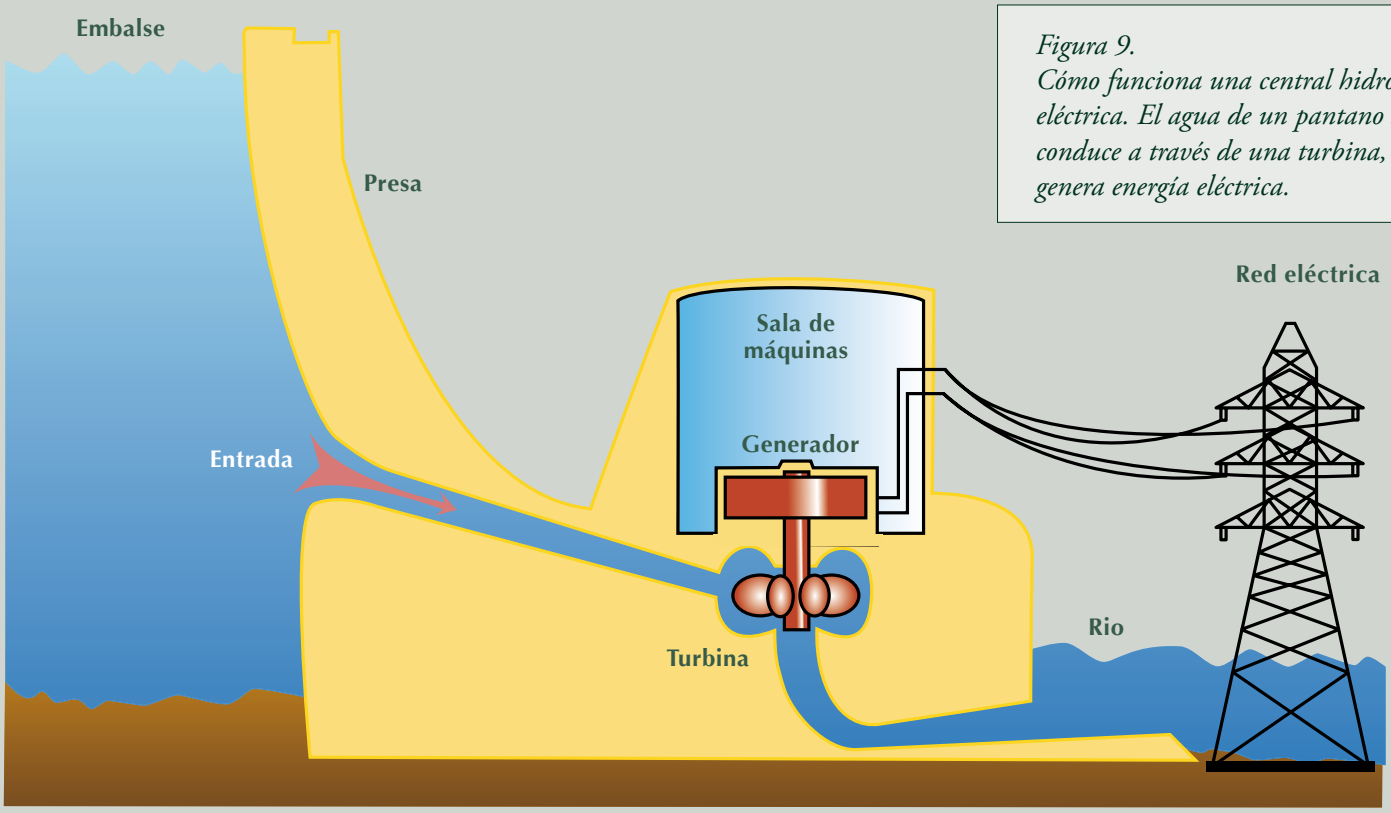


Figura 9.
Cómo funciona una central hidroeléctrica. El agua de un pantano se conduce a través de una turbina, que genera energía eléctrica.

pequeños que producen sólo 100 W y no necesitan ni presas ni almacenamiento de agua. Se usan principalmente en áreas rurales donde la demanda de energía no es muy grande.

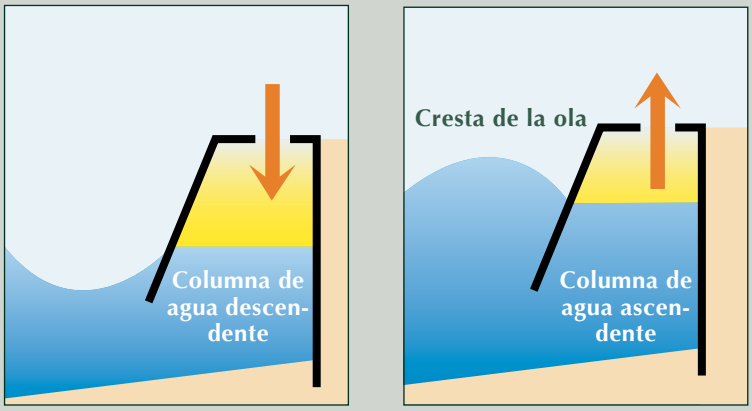
Otra posibilidad es construir una presa donde se acumule el agua que llega hasta ella, formando un lago artificial. El agua se canaliza a través de compuertas en la presa para mover grandes turbinas, como se ve en la figura 9. Estos sistemas pueden ser lo bastante grandes como para proporcionar energía a varias ciudades grandes. En la frontera de Brasil con Paraguay y cerca de la frontera con Argentina, está la presa de Itapu. Esta central hidroeléctrica, que es la mayor del mundo, genera 9000 MW y está funcionando desde 1984.

Mientras los sistemas hidroeléctricos pequeños no tienen mucho impacto en el medio ambiente, los sistemas grandes, que consisten en una gran presa con un embalse detrás de ella, no son tan inofensivos como podría parecer. Cuando se planea construir una nueva presa en una zona habitada, hay mucha gente que tendrá que dejar sus hogares, ya que quedarán cubiertos por el agua. En China, la construcción de la presa de las Tres Gargantas en el río Changjiang (Yangtsé) supondrá la evacuación y traslado a otros lugares de cerca de dos millones de personas. Durante el siglo pasado, entre 40 y 80 millones de personas en total fueron desplazadas por la construcción de presas.

Otro problema con los grandes embalses es el daño medioambiental causado en la zona inundada y la liberación de metano producido por la descomposición de las plantas en el agua. El metano es un gas de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global. Una presa construida en el curso de un río afecta severamente al caudal original del río, lo que puede tener impacto aguas abajo. Las presas han afectado aproximadamente al 60% de los ríos del mundo. Los peces de agua dulce que normalmente ascienden y descienden por el río una vez al año, se encuentran una presa en su camino. Se estima que una quinta parte de las especies de agua dulce han sido gravemente perjudicadas por las presas.

Hoy en día, cerca del 16% de la electricidad en el mundo se genera en centrales hidroeléctricas, la mayoría muy grandes. En la mayor parte de los sitios donde se puede aprovechar la energía hidráulica para generar electricidad ya se ha hecho, por lo que nuestro uso de esta fuente de energía no puede crecer mucho más. Para satisfacer nuestra creciente demanda de energía tendremos que usar otras fuentes.

Figura 10.
La energía de las olas: una columna de agua que sube y baja comprime aire que se usa a su vez para alimentar una turbina.



La energía de los océanos: energía de las olas y energía de las mareas

Hay algunos lugares en la Tierra donde la diferencia de altura entre la marea alta y la baja en el océano es lo bastante grande como para impulsar un sistema de generación eléctrica. El agua se recoge detrás de una presa durante la marea alta, y en la marea baja fluye a través de generadores produciendo electricidad. La primera central de energía maremotriz comenzó a funcionar en Francia en 1968. En 1984 se inauguró en la bahía de Nueva Escocia, Canadá, una central de energía mare-

motriz de 20 MW. Sólo hay en el mundo unos cuarenta emplazamientos adecuados para centrales de energía maremotriz.

Pero aún se puede extraer más energía del mar. La técnica más común es usar sistemas sumergidos semejantes a molinos de viento que generan electricidad cuando el agua fluye a través de ellos. Además hay otras técnicas para aprovechar también la energía de las olas. Algunas usan sistemas de canales que se van estrechando paulatinamente y que actúan amplificando las olas para mover turbinas. Otros, usan sistemas flotantes que suben y bajan con la superficie del agua, y al hacerlo mueven pistones que comprimen aire. Luego se conduce el aire a través de una turbina que genera energía.

Una técnica prometedora es usar una cámara de hormigón parcialmente sumergida, instalada en la costa, con la parte inferior abierta al mar. Las olas que entran empujan hacia arriba a la columna de aire de la cámara, a través de una turbina, como se ve en la figura 10. Cuando las olas retroceden, succionan aire de nuevo a través de la turbina. El giro de la turbina mueve un generador que produce electricidad. En Escocia se está experimentando con este tipo de construcción: en la isla escocesa de Islay se ha instalado un generador de 500 kW de este tipo.

La energía del sol

Cuando el Sol brilla, cada metro cuadrado de superficie perpendicular a sus rayos recibe unos 1000 vatios de energía solar. Promediando en todo el año, cada metro cuadrado recibe entre 100 y 200 vatios, dependiendo del sitio del mundo. Cualquiera que haya jugado alguna vez con una lupa al sol, sabe cuánto calor hay en la luz solar: con sólo una lupa pequeña se puede hacer arder algunas cosas.

La cantidad de energía recibida del Sol en un cierto área depende de dónde está situada, y varía con la latitud desde el ecuador a los polos. Cerca de los polos los rayos del Sol inciden en la Tierra con un ángulo pequeño, por lo que un metro cuadrado en los polos no recibe tanta energía solar como un metro cuadrado en el ecuador, donde los rayos del sol alcanzan la Tierra casi verticalmente.

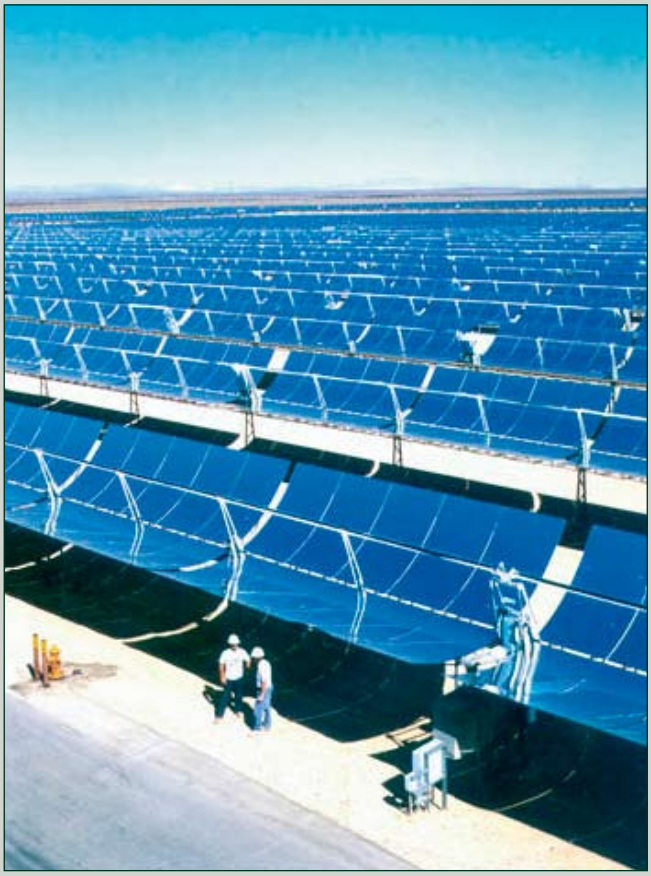
La luz solar puede convertirse en electricidad mediante *paneles fotovoltaicos*, también llamados *paneles solares*. Estos paneles consisten en células hechas con material semiconductor, el mismo material del que están hechos los chips de los ordenadores. La luz solar está compuesta por fotones, que son pequeños paquetes de energía. Cuando los fotones inciden en una célula fotovoltaica (célula FV) su energía se transfiere a los electrones del material semiconductor. Con su nueva energía, los electrones pueden liberarse de sus átomos y fluir como una corriente a través de un circuito eléctrico externo. Actualmente las células solares están hechas de silicio y convierten cerca del 15% de la luz solar en electricidad. En Europa central, esto significa que si pones un panel de un metro cuadrado en tu tejado,

© Robb Williamson (PIX DOE/NREL)

Energía a partir del Sol usando paneles solares.

puedes esperar generar unos 120 kWh al año. En este momento, la energía solar fotovoltaica representa menos del 0,01% del consumo mundial de electricidad.

En la mayoría de los sistemas fotovoltaicos los paneles solares no tienen partes móviles, y el único mantenimiento que necesitan es una limpieza ocasional de las superficies para evitar su ensuciamiento.



© PIX DOE/NREL

Estas filas de espejos parabólicos concentran la luz solar sobre las tuberías que hay en el centro de los espejos. La luz solar calienta el aceite que está dentro de las tuberías, y este calor se usa para generar energía eléctrica.

Los paneles solares tienen una vida media de unos 25 años. El problema principal es que todavía son muy caros: un panel solar que produzca unos 100 W cuando la luz solar esté incidiendo verticalmente sobre él cuesta unos 500 euros. Para cubrir la demanda media de electricidad de una familia, que es de unos 4100 kWh al año, se necesitarían unos 35 paneles solares como los anteriores (en Europa), y costarían alrededor de 17.500 euros. La misma electricidad producida en una central eléctrica cuesta ahora unos 500 euros al año.

Por esta razón los científicos están trabajando mucho para hacer células solares más eficientes y baratas. Una aplicación muy útil de las células solares es llevar electricidad a lugares en que es muy difícil conseguirla por otros medios: por ejemplo en las áreas rurales de los países en vías de desarrollo o en el mar.

En lugar de usar células solares, la energía del Sol también se puede utilizar para producir electricidad mediante un sistema térmico. Para esto la luz del sol se concentra mediante espejos, que se mueven con el Sol. Un receptor, que puede ser una torre muy alta o una tubería absorbente, dependiendo del tipo de sistema, captura la luz solar y transfiere el calor a un fluido. El fluido caliente se usa para hacer vapor, que a su vez impulsa una turbina, que mueve un generador eléctrico.

Otra forma de utilizar la energía solar es convertirla en calor y usar éste para calentar agua. El agua caliente puede usarse directamente para la ducha o el baño, o para calentar edificios. Esta forma de utilizar la energía solar es muy barata, y verás muchos de los llamados *colectores solares* en los tejados. También las piscinas, en las que hay que calentar grandes cantidades de agua, usan a veces colectores solares.

La energía del viento

Durante muchos siglos se han usado los molinos de viento para convertir la fuerza del viento en energía mecánica. Con esta energía se bombeaba agua, se molía grano, o se movían máquinas sencillas. Aún hoy en día, los agricultores de muchos países tienen molinos de viento para bombear agua. Otra aplicación antigua de la energía del viento, actualmente muy popular, es la propulsión de barcos de vela.

En la actualidad se usan los llamados *aerogeneradores* o *turbinas eólicas* para producir electricidad. Un aerogenerador consiste en un gran rotor con tres palas normalmente, que se mueve con el viento. El rotor está unido a un generador eléctrico. La energía eólica actualmente genera sólo el 0,3% de la electricidad mundial pero este porcentaje está aumentando. Los aerogeneradores cubren alrededor del 20% de la demanda de electricidad en Dinamarca, cerca del 6% en Alemania y el 5% en España.

Los aerogeneradores también presentan problemas. No a todo el mundo le gusta ver el campo plagado de turbinas eólicas. También preocupa que las grandes palas en movimiento sean peligrosas para los pájaros. Si vives cerca de un aerogenerador, lo encontrarás ruidoso y a veces puede haber accidentes cuando uno de ellos pierde sus palas. Por algunas de estas razones se está planeando instalar más aerogeneradores en el mar, donde el viento sopla más regularmente y a mayor velocidad. Pero, por otro lado, el coste de construir aerogeneradores en el mar es mayor, y también lo son los costes de mantenimiento y operación.

Otro problema es que a veces no hay viento. En ocasiones esta situación puede durar varios días, y puede suceder en gran parte de Europa a la vez. Dicho de otra manera: la energía eólica (también la solar) es *intermitente*, o sea, que genera electricidad de forma muy irregular. Como está creciendo la proporción de energía eólica y solar, habrá que tener mucho cuidado para garantizar la estabilidad del suministro eléctrico. En la mayoría de los casos será necesario tener sistemas de reserva alimentados con combustibles fósiles. En este momento se están investigando diferentes técnicas para almacenar las energías eólica y solar.

La energía de la biomasa

Biomasa es otra manera de llamar a la materia orgánica. Cuando se usa como combustible, incluye los residuos de madera y serrín de la industria, los restos de la agricultura y de la industria alimentaria, las aguas residuales, los desperdicios sólidos y otros materiales orgánicos. La biomasa es una de las primeras fuentes de energía que ha conocido la Humanidad y continúa siendo una de las principales en muchos países en vías de desarrollo. Algo así como el 80% de la demanda total de

© European Community, 2005

Aerogeneradores en una colina.

El factor de capacidad de los aerogeneradores y los paneles solares

Los aerogeneradores tienen una etiqueta que indica cuánta potencia pueden generar. Algunas turbinas pueden generar 750 kW y otras más grandes 1,5 MW o incluso 3 MW. Esta cifra es la *potencia pico* (o *capacidad máxima*) de la turbina, que es la potencia que la turbina genera cuando el viento es óptimo. Cuando se habla de "potencia eólica instalada" se está hablando de estas cifras.

La energía que produce un aerogenerador depende del número de horas que puede operar cada año. Esto depende, por supuesto, de las condiciones climatológicas, y en la práctica, una turbina produce, como media anual, entre el 20 y el 30% de la energía que podría dar. La diferencia entre la energía anual realmente producida y el máximo teórico se llama *factor de capacidad*. Así que, como media, un aerogenerador de 1500 kW produce de 300 a 450 kW.

Lo mismo ocurre con los paneles solares, que se caracterizan por su *potencia pico*, que es la potencia que producen cuando el sol incide perpendicular al panel. Por supuesto, esto sólo ocurre a mediodía, y si hacemos un promedio para todo el año, considerando las horas diurnas y nocturnas, resulta que un panel solar produce solamente cerca de un 10% de su potencia pico. Es decir, un panel solar de 100 vatios de potencia pico produce como media 10 vatios.

energía de los países en vías de desarrollo se cubre con energía de la biomasa, en su mayoría en forma de la leña que se recoge localmente.

La luz solar se almacena en el material orgánico en forma de energía química. Hay dos formas de usar esta energía, siendo la combustión directa la más sencilla. Ésta consiste en que la biomasa seca se quema y se usa para calentar agua que produce vapor. El segundo método, conocido como digestión anaeróbica, produce gas metano, también llamado con toda propiedad, *biogás*. Este proceso es un tipo de fermentación en el que las bacterias descomponen la biomasa. La fermentación es anaeróbica, que significa "sin oxígeno", y genera calor. Los vertederos, donde se arrojan las basuras urbanas, también producen biogás que se puede usar como combustible.

Cuando la biomasa arde libera dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero. Pero cuando los cultivos para biomasa crecen, se consume una cantidad equivalente de dióxido de carbono a través de la fotosíntesis. La emisión neta de dióxido de carbono será cero siempre que se continúe replantando para obtener energía de la biomasa. Estas plantas, como árboles de crecimiento rápido y herbáceas, se llaman *reservas de energía de biomasa* o abreviadamente *cultivos energéticos*.

© Mark Tiele Westra

Molino de viento en Nicaragua. No hace falta la alta tecnología para aprovechar la energía eólica: en muchos países en vías de desarrollo se utilizan sencillos molinos de viento para bombear agua.

© European Community, 2005

El aceite de colza se puede usar para producir biodiesel.

© Warren Gretz (PIX DOE/NREL)

Las astillas de madera se utilizan para generar electricidad.

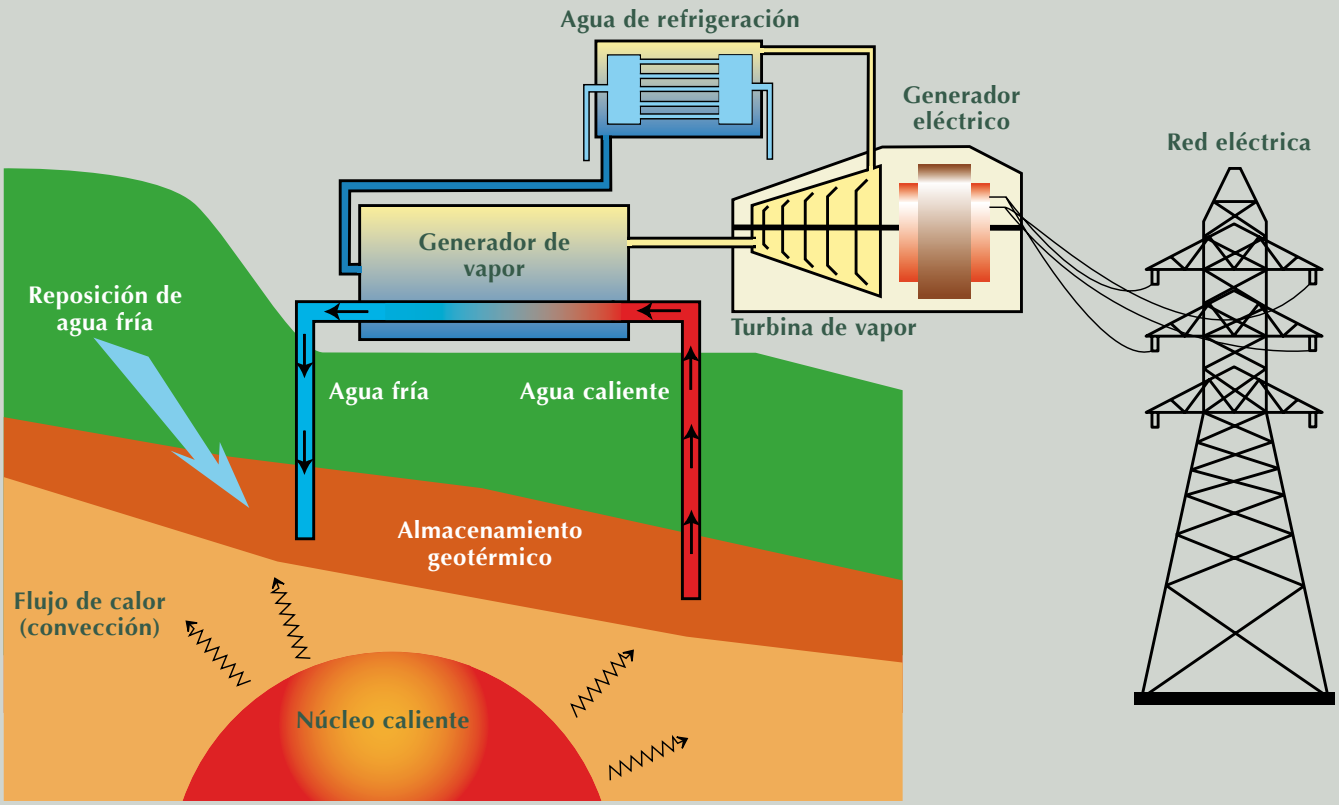
La energía geotérmica

La palabra "geotérmica" deriva de las palabras griegas geo que significa "Tierra" y therme que significa "calor". Se trata de usar el calor del interior de la Tierra para generar electricidad. El núcleo de la Tierra está al rojo vivo: unos cinco mil grados centígrados. A veces, durante las erupciones de los volcanes, salen a la superficie rocas fundidas o magma. Esa es la enorme fuente de energía que las centrales geotérmicas intentan aprovechar para la producción de calor o electricidad.

Si excavamos un agujero en la Tierra, la temperatura aumenta de 17 a 30 grados Celsius por kilómetro de profundidad. Un pozo geotérmico puede tener hasta 2500 metros de profundidad. El agua que se inyecta en el pozo se calienta hasta que produce vapor, que se puede usar para generar electricidad, como se ve en la figura de más abajo. Otra alternativa puede ser usar el agua caliente directamente para calentar viviendas y edificios.

Veinte países de todo el mundo han construido unas 250 centrales geotérmicas. En Estados Unidos se suministra energía de origen geotérmico a San Francisco, y en El Salvador, el 40% de la electricidad proviene de la energía geotérmica. Toda la electricidad que consume Islandia proviene exclusivamente de la energía geotérmica. En todo el mundo se generan alrededor de 8000 MW de electricidad de origen geotérmico, y otros 10.000 MW se usan directamente como fuente de calor.

Figura 11.
El fundamento de la energía geotérmica: el calor del interior de la Tierra se conduce hacia la superficie. Se inyecta agua fría en pozos profundos. Se bombea el agua caliente de un pozo de producción. El agua caliente se utiliza para generar vapor que se usa para impulsar una turbina de vapor.



Por supuesto, las condiciones adecuadas para explotar la energía geotérmica así, sólo existen en un número limitado de lugares en todo el mundo. Por eso el potencial de producción de energía de origen geotérmico es muy limitado. Una vez construidas, las centrales de generación geotérmicas proporcionan energía barata y limpia. Sin embargo, la construcción inicial de una central geotérmica es cara.

Otra tecnología para extraer el calor de la Tierra se basa en usar las rocas calientes que se encuentran a cierta profundidad bajo la superficie, casi en todas partes. Este calor de las *rocas secas calientes* se puede extraer inyectando agua en un pozo, que se filtra hasta las rocas calientes, donde se calienta y posteriormente se extrae en otro pozo cercano. En la superficie se extrae el calor que ha tomado el agua, y después ésta se recircula para seguir extrayendo calor.

Producción de carbón en Alemania. Una central térmica de carbón de 1000 MW necesita 2,5 millones de toneladas de carbón al año.

Tabla 8.
Requisitos de combustible de diferentes fuentes de energía. En la tabla se muestra el combustible consumido por una central de 1000 MW durante un año (que produce en total unos 7000 millones de kWh). Evidentemente la energía eólica, la solar y la biomasa necesitan mucho espacio. La fisión y la fusión destacan porque requieren muy poca cantidad de combustible.

Fuente de energía	Combustible necesario para una central de 1000 MW en un año	equisitos de terreno (aproximados) para una central de 1000 MW (km^2)	Comentarios
Biomasa	30.000 km^2 de bosque	30.000	
Eólica	2.700 aerogeneradores de 1,5MW	490	
Solar fotovoltaica	23 km^2 de paneles solares	23	Situados en un país próximo al ecuador
Biogas	60 millones de cerdos	600	Se cría a los cerdos por su carne, la energía es un extra
Gas	1,2 km^3	1	
Petróleo	1.400.000 toneladas	1	10.000.000 barriles de petróleo o 100 petroleros
Carbón	2.500.000 toneladas	1+ minas	26.260 vagones de tren cargados
Fisión nuclear	35 toneladas de óxido de uranio	1+ minas	A partir de 210 toneladas de mineral de uranio
Fusión	100 kg de deuterio y 150 kg de tritio	1+ minas	A partir de 2850 m^3 de agua de mar y 10 toneladas de mineral de litio

Comparación entre diferentes fuentes de energía

Todas las fuentes de energía tratadas en este capítulo tienen diferentes características respecto a la cantidad y tipo de combustible, la superficie de terreno que necesitan sus instalaciones y el coste. En la tabla 8 se listan las necesidades y el tipo de combustible de una central de 1000 MW alimentada por diferentes fuentes de energía. En la tabla podemos ver que, especialmente, la biomasa, la energía eólica y la solar necesitan mucho espacio debido a que en ellas la energía no está muy concentrada. Sin embargo, los combustibles fósiles acumulan mucha más energía por kilogramo y es difícil competir con ellos. La fisión nuclear y especialmente la fusión son las que menos combustible requieren de todas.

Nuestras fuentes de energía están en constante evolución. Detrás de los cables de la red eléctrica se esconde un mundo de intensa exploración, investigación y desarrollo. Cada día, cientos de miles de personas trabajan en la extracción de las fuentes de energía, como el carbón, el petróleo y el gas. Y miles de científicos desarrollan nuevas fuentes de energía como la eólica, la solar y la energía de fusión. Nuevas fuentes que son necesarias para garantizar una energía limpia y abundante en el futuro.

5 Energía, medio ambiente y salud

El aumento de la producción y consumo de energía puede ser peligroso para el medio ambiente y para nuestra salud. Una gran parte del impacto negativo de los seres humanos sobre el medio ambiente se debe a la producción de energía. Cuando se quema madera se forman humos tóxicos y pequeñas partículas que son peligrosos si se inhalan. El dióxido de azufre que se libera cuando se quema carbón o petróleo crea la lluvia ácida. El dióxido de carbono que se emite cuando arde cualquier combustible fósil amplifica el efecto invernadero y hace que la Tierra se caliente. La construcción de las grandes presas hace que posiblemente la gente tenga que trasladarse, y la tala de bosques para hacer leña conduce a la erosión del suelo.

Los problemas sanitarios y medioambientales aparecen a distintos niveles. Si quemo madera en mi casa, yo inhalo el humo pero mi vecino no. Este es el ámbito *doméstico*. Los escapes de los coches en una ciudad producen una niebla de contaminantes que todos sus habitantes inhalan. Este es el ámbito *urbano* o *de la comunidad*. Las partículas pequeñas, el dióxido de azufre y el ozono pueden causar efectos a cientos de kilómetros de distancia de su punto de origen. Este es el ámbito *regional*. Y finalmente, el efecto invernadero, que calienta la Tierra, nos afecta a todos. De modo que este es el ámbito *global*. Vamos a echar un vistazo a cada uno de ellos.

El ámbito doméstico

En los países occidentales no se genera mucha polución en los hogares. La mayoría de nosotros cocinamos con electricidad, gas o algún combustible líquido, lo que es bastante limpio. Sin embargo cerca de la mitad de los hogares en el mundo dependen de la leña y el carbón para cocinar y calentarse. Es muy difícil quemar combustibles sólidos de forma limpia porque cuesta mucho que se mezclen totalmente con el aire en las cocinas y estufas normales. De hecho, sólo entre el 5 y el 20 por ciento de la energía que se libera al quemar el combustible va a la cacerola, el resto se desperdicia. A esto hay que añadir que la combustión incompleta de los combustibles sólidos produce una gran variedad de contaminantes dañinos para la salud, como se ve en la tabla 9.

Sustancia contaminante	Concentration en 1 kg de madera por hora (mg/m³)	Valores establecidos para la protección de la salud (mg/m³)
Monóxido de carbono	150	10
Partículas	3,3	0,1
Benceno	0,8	0,002
1,3-Butadieno	0,15	0,0003
Formaldehído	0,7	0,1

Tabla 9.
Concentración de contaminantes peligrosos para la salud dentro de una casa debidos a una cocina común de leña. Mg/m³ significa miligramos por metro cúbico. La columna de la derecha muestra los límites típicos de concentración fijados para proteger la salud. El humo de quemar madera contiene docenas de otros contaminantes perjudiciales para la salud (fuente: WEA, UNDP).

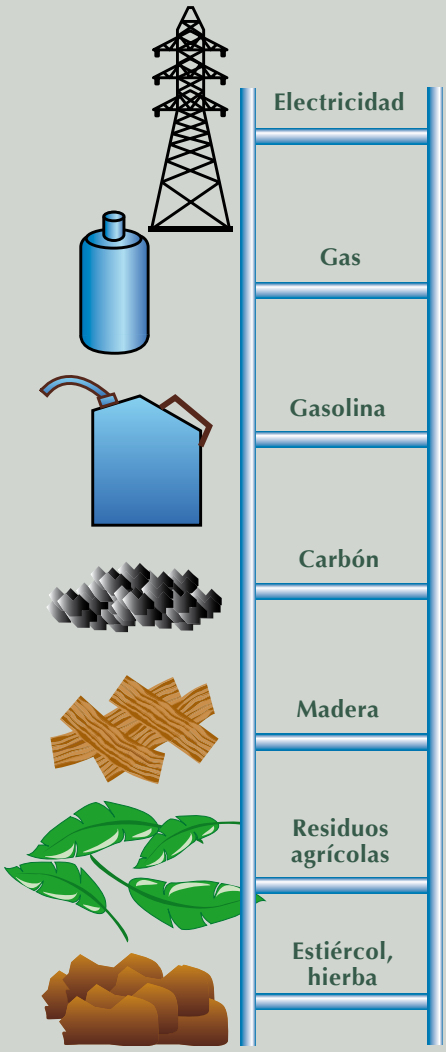
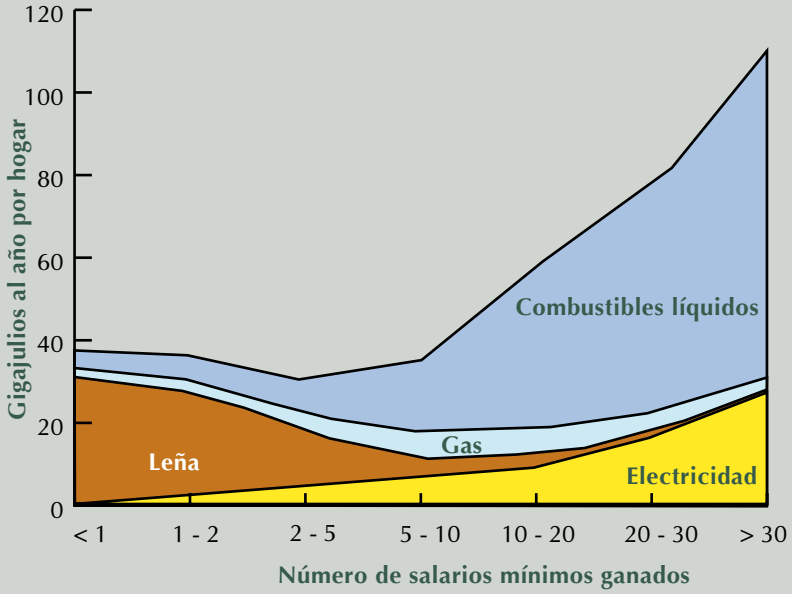


Figura 12.
La escala de la energía.

Figura 13.
Demanda media de energía frente a ingresos en Brasil, 1988. El salario mínimo equivale a 50$. Cuando se gana más se tiende a consumir más electricidad y combustibles líquidos (Fuente WEA, UNDP).



Esto no es una cuestión trivial. Se estima que cada año dos millones de mujeres y niños mueren prematuramente debido al uso de los combustibles sólidos, y esto causa entre el 5 y el 6 por ciento de todas las enfermedades en los países en vías de desarrollo. El riesgo sanitario de quemar combustibles para cocinar y calentarse es alto, debido a que los combustibles se queman en las proximidades de la gente: cada día, en la cocina y en las estufas.

El uso doméstico de la energía puede verse como una *escala de la energía*: en el nivel más bajo está la simple biomasa (estiércol, restos de la cosecha, leña), más arriba están los combustibles fósiles líquidos como el petróleo, después el gas y, en lo más alto, la forma más moderna de energía: la electricidad. Según se asciende en esta escalera, se van usando cocinas y estufas más limpias, más eficientes y más controlables. En general, cuando las alternativas que están más arriba en la escala de la energía resultan asequibles y están disponibles, la gente tiende a ascender en la escala, como se ve en la figura 12.

En la antigüedad todo el mundo dependía de la madera. Ahora, aproximadamente la mitad de la población mundial ha subido uno o más peldaños en la escala de la energía. La otra mitad depende todavía de la leña o, donde la leña ya es escasa, se ha visto obligada a bajar en la escala hasta el nivel del estiércol y los residuos agrícolas. En el peor de los casos, tienen que recurrir a los combustibles de peor calidad, como arbustos y hierba.

En la parte más baja de la escala, la gente gasta más de su propia energía corporal y de su tiempo, por ejemplo recogiendo leña. La búsqueda de combustible es normalmente una tarea reservada a mujeres y niños, para quienes supone un gran esfuerzo debido a lo pesado de las cargas y al tiempo que conlleva. En los países en vías de desarrollo no es inusual que las mujeres y los niños empleen hasta 12 horas por semana en recoger leña. En Nepal, las mujeres dedican hasta 2 horas y media al día a recoger leña.

Los más desfavorecidos emplean gran parte de su tiempo en hacer acopio de la energía que necesitan. Este tiempo no lo pueden dedicar a producir cosas que se puedan vender, ni a trabajar la tierra, ni a estudiar. Esto se llama la *trampa de la pobreza*: cuando eres pobre, es muy difícil salir de la pobreza, porque necesitas emplear todo tu tiempo en sobrevivir.

El tráfico intenso causa nieblas tóxicas en las grandes ciudades.

© European Community, 2005

El ámbito urbano

A casi todos nos resulta familiar la contaminación urbana. Desde un lugar elevado, en un día caluroso y sin viento, podemos ver a menudo una neblina amarillenta sobre la ciudad. Se trata del "smog", una mezcla de pequeñas partículas y gases de los escapes de los coches y otros motores. En algunas ciudades con un parque automovilístico grande como Atenas (Grecia) o Los Ángeles (California, EEUU) la gente tiene problemas respiratorios causados por la niebla tóxica, y es frecuente que la concentración de óxidos de nitrógeno y ozono supere los niveles de seguridad.

El ozono, que existe de forma natural en la parte alta de la atmósfera donde crea una capa protectora alrededor de la Tierra, a nivel del suelo es peligroso para la salud humana. Se produce ozono cuando los óxidos de nitrógeno reaccionan con los combustibles de coches y camiones que han tenido una combustión incompleta. El ozono puede producir problemas respiratorios, agravar el asma o la inflamación de los pulmones. También puede reducir las defensas del sistema inmunitario, haciendo que la gente sea más propensa a contraer enfermedades como bronquitis y neumonía. Los niños y las personas mayores son especialmente propensos a estos riesgos. En la mayoría de las grandes ciudades se mide constantemente la calidad del aire. Además de medidores del nivel de ozono, hay otras sondas que miden el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y la cantidad de partículas.

A veces las autoridades locales toman medidas estrictas para evitar la contaminación del aire. Cuando esta contaminación es demasiado alta en Teherán, la capital de Irán, sólo se permite circular a los conductores en días alternos, según si su matrícula empieza por un número par o impar. En ciudades occidentales como

© Adam Hart-Davis / DHD photo gallery

La lluvia ácida puede causar que edificios, estatuas y puentes se deterioren más rápido de lo normal.

Los rumiantes emiten gases de efecto invernadero.

© Ken Hammond (USDA)

El ganado y el metano

Cerca del 20% de las emisiones de metano a la atmósfera provienen de animales como bueyes, vacas y ovejas. Las vacas sólo pueden digerir algunos alimentos después de un proceso de fermentación que se llama rumia. Durante este proceso, las bacterias que hay en el estómago de las vacas producen gas metano. En una vaca, entre el 2 y 12% de la energía que obtiene de lo que come, se usa para hacer metano. La existencia de 1,3 billones de cabezas de ganado por todo el planeta, generando 100 millones de toneladas de metano al año, tiene un efecto apreciable en el balance de los gases de efecto invernadero. Los procesos en los que intervienen los seres humanos, desde la producción de energía hasta la agricultura, producen aproximadamente el 60% del metano mundial. Los rumiantes producen aproximadamente un tercio de esa cantidad, o sea el 20% de las emisiones totales de metano en el mundo.

Milán (Italia) y Atenas (Grecia) se toman medidas similares, a veces prohibiendo el tráfico un día entero.

Otros problemas en el ámbito urbano son los relacionados con la obtención de la energía. En cada comunidad hay gente que tiene que encargarse de obtener la energía necesaria. Bajan a las minas a por carbón, perforan el fondo del mar para extraer petróleo, cortan leña, recogen biomasa o construyen grandes presas hidroeléctricas. La obtención de la energía es un trabajo peligroso y duro, con un alto riesgo de accidentes o enfermedades. Según la Organización Mundial del Trabajo, en las minas de carbón trabajan unos 10 millones de personas (aproximadamente el 0,3% de la mano de obra mundial). Se estima que la producción y distribución de energía causa en todo el mundo entre 70.000 y 300.000 muertes al año, y muchas más enfermedades. ¡Este es el precio que pagamos por nuestra energía!

El ámbito regional

Otro gran problema medioambiental es la lluvia ácida, causada por el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno que se emiten cuando se queman carbón y derivados del petróleo. El ácido depositado por la lluvia daña las estructuras de piedra, como edificios y monumentos. Si el suelo no puede neutralizar el ácido, las plantas y los árboles resultan dañados. Además los lagos se pueden convertir en demasiado ácidos, lo que causa la muerte de la población piscícola. Con el tiempo, ecosistemas enteros pueden resultar dañados.

Pero no sólo los combustibles fósiles tienen gran impacto. Como ya se ha dicho, la presa de las Tres Gargantas provocará que unos dos millones de personas se vean obligadas a trasladarse de sus tierras antes de que queden inundadas. En la historia reciente, otros programas de realojamiento similares han causado graves problemas sociales.

El ámbito global

Algunos gases tienen el efecto de formar en la atmósfera un manto aislante alrededor de la Tierra, lo que se llama efecto invernadero. Los gases absorben parte del calor irradiado por el suelo y devuelven parte a la Tierra. Un invernadero funciona de manera similar: los rayos del Sol pasan a través de los cristales, pero el calor que irradia el suelo del interior no puede atravesar los cristales, y se queda atrapado dentro del invernadero.

Unidades de concentración: ppm

Para medir pequeñas concentraciones de una sustancia usamos la unidad *partes por millón* (ppm) Simplemente expresa cuántas partículas de alguna sustancia están presentes por cada millón de partículas del total. Así medimos, por ejemplo, la cantidad de una toxina en un alimento, o la cantidad de CO_2 en la atmósfera.

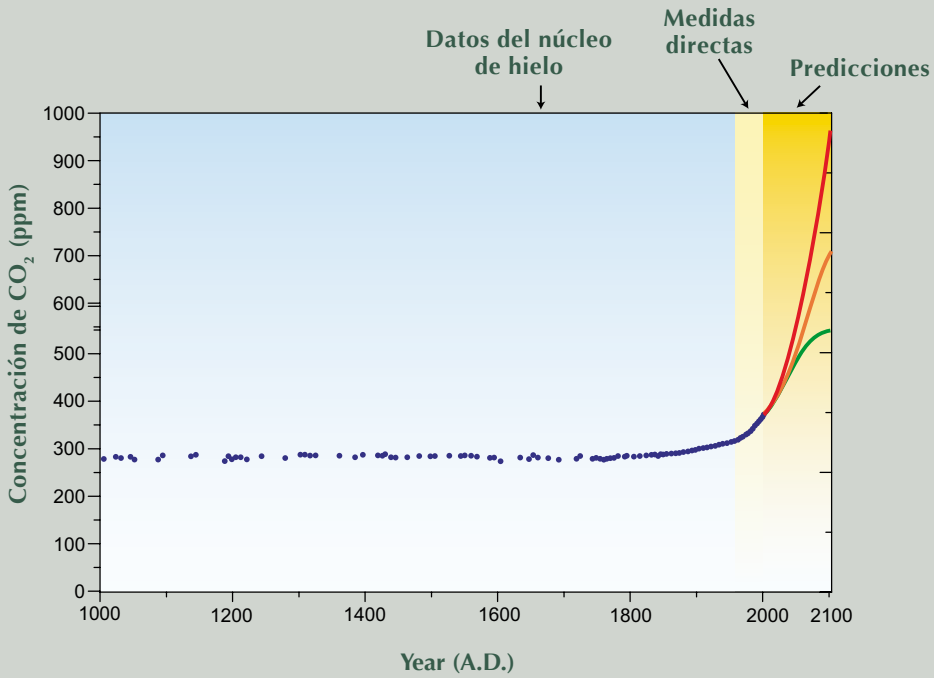


Figura 14.
Incremento en la concentración de CO_2 durante los últimos 1200 años. Está claro que la concentración comenzó a subir drásticamente cuando se empezaron a usar los combustibles fósiles alrededor de 1800. La concentración se expresa en partes por millón (ppm).

El efecto invernadero es muy poderoso: sin él la temperatura media de la Tierra bajaría 33ºC, es decir, sería 20ºC bajo cero (muy fría). La vida en la Tierra, incluyendo la vida humana, la animal y la vegetal, no podría existir sin el efecto invernadero.

A todos los gases que contribuyen a este efecto se les llama *gases de efecto invernadero*. Los gases que más contribuyen a este efecto en la atmósfera son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). El dióxido de carbono se emite al quemar madera, carbón, gas o petróleo. El metano es emitido por las plantas en descomposición, la industria minera y el ganado.

No todos los gases tienen el mismo efecto en la atmósfera. El metano por ejemplo, retiene el calor en la atmósfera 21 veces más que el dióxido de carbono. Por tanto, 1 gramo de metano produce el mismo efecto de calentamiento que 21 gramos de dióxido de carbono.

Tanto el dióxido de carbono como el metano desaparecen lentamente de la atmósfera. El CO_2 es absorbido finalmente por los océanos y el CH_4 se descompone por reacciones químicas en la atmósfera. Este proceso es muy lento: lleva unos cien años que cada molécula de CO_2 sea absorbida por el océano y unos 12 años que cada molécula de CH_4 se descomponga. Esto tiene una consecuencia muy importante: los efectos de cualquier cosa que hagamos a la atmósfera ahora mismo permanecerán durante al menos otros cien años. Incluso si dejamos ya de producir CO_2, tardará cien años en bajar la concentración. El uso que hacemos actualmente de los combustibles fósiles, con la subsiguiente emisión de gases de efecto invernadero, equivale a hacer un experimento a gran escala con la Tierra, estando todos dentro del tubo de ensayo.

El Tratado Internacional para la Mitigación del Cambio Climático

En la década de los 90 los científicos de todo el mundo empezaron a dar la voz de alarma sobre los peligrosos efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo con una serie de estudios realizados en varios países, el rápido incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera produce un pequeño pero continuo aumento de la temperatura de la Tierra. Se crearon grupos y comités internacionales especiales para discutir estos problemas y éstos recomendaron tomar medidas urgentes contra esta amenaza. El grupo más importante es el *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático* (IPCC), en el que participan cientos de expertos de unos 100 países de todo el mundo.

Desde entonces se han tomado varias iniciativas para evitar los efectos catastróficos que se habían predicho, como el incremento global de la temperatura, el aumento del nivel del mar, cambios en las pautas de las precipitaciones, etc. Una de las iniciativas más importantes la tomó Naciones Unidas, que es la organización internacional dedicada a mantener la paz y la seguridad, las relaciones amistosas entre las naciones y a resolver los problemas internacionales económicos, sociales, humanitarios y medio ambientales.

Durante la Cumbre de la Tierra mantenida en Río de Janeiro (Brasil) en Mayo de 1992, la mayoría de los gobiernos del mundo aprobaron un documento llamado "Convención Marco sobre el Cambio Climático" (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Bajo este convenio, los gobiernos prometieron reunir y compartir información relativa a las emi-

Un incremento de la temperatura global producirá una elevación del nivel del mar.

© European Community, 2005

© NASA Goddard Space Flight Center

siones de gases de efecto invernadero y emprender estrategias nacionales para reducir dichas emisiones. En este documento se formuló el objetivo de conseguir la "estabilización de la concentración de gas de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel tal que evite las peligrosas interferencias antropogénicas con el medio ambiente" (antropogénico significa de origen humano) Posteriormente, este tratado internacional ha sido firmado por 193 países y ha entrado en vigor, lo que significa que ahora es obligatorio para todos los países que lo han firmado.

Pero los gobiernos ya sabían, cuando adoptaron el Convenio, que no iba a ser suficiente para tener un efecto real sobre el cambio climático. Por eso, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Kyoto, en diciembre de 1997, las principales naciones industrializadas acordaron reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Después de largas y difíciles negociaciones sobre cuánto, dónde y cuándo reducir las emisiones, y quién iba a pagarlo, se firmó un pacto para reducir las emisiones totales de los países desarrollados. El objetivo que se estableció fue que, para 2012, las emisiones totales de los países firmantes del tratado se reducirían en un 5,2% respecto a los niveles de 1990. Este pacto es conocido como el *Protocolo de Kyoto*.

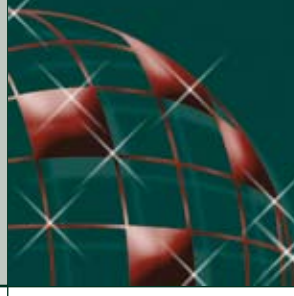
Sin embargo, el Protocolo de Kyoto no entra en vigor hasta que lo firmen un número suficiente de países (esto se llama *ratificar* un protocolo). El Protocolo resulta obligatorio si lo firma un grupo de países que en conjunto hubieran producido el 55% de todas las emisiones de gas de efecto invernadero realizadas por los países desarrollados en 1990. Pero no todos los países quieren ratificarlo. Estados Unidos – responsable del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero de las naciones desarrolladas – ha declarado que no ratificará el Protocolo, y durante mucho tiempo la Federación Rusa mantuvo la misma postura. Pero en noviembre de 2004 la Federación Rusa ha cambiado de opinión y ha ratificado el Protocolo. Después de ocho años de espera, el Protocolo de Kyoto ha entrado finalmente en vigor en febrero de 2005.

En estos momentos los países intentan definir cuál es la mejor manera de llevar a cabo la reducción de las emisiones y cuáles son los métodos más prácticos para ello. ¿Debemos usar la energía de una manera más eficiente o debemos producir más electricidad libre de CO_2, por ejemplo usando paneles solares? ¿Tenemos que construir más centrales nucleares, precisamente porque no emiten gases de efecto invernadero? ¿Debemos invertir en aerogeneradores o investigar en fusión, o ambas cosas? O quizá, ¿tendríamos que intentar todo lo que se nos ocurra, dada la enorme magnitud del problema?

En los últimos 150 años hemos quemado muchos combustibles fósiles que han liberado inmensas cantidades de CO_2 a la atmósfera. Como se puede ver en la figura 14, la concentración de CO_2 en el aire ha aumentado en un 35% desde 1800. Esta concentración ya ha fluctuado otras veces en el pasado, pero nunca tan rápido como ahora. Si los cambios tardan en ocurrir miles de años, los ecosistemas tienen la oportunidad de adaptarse, pero con estos cambios tan rápidos, es posible que los ecosistemas no sean capaces de adaptarse. Esto podría llevar a la extinción de muchas especies de animales y de plantas.

¿Este CO_2 extra ejerce algún efecto sobre el clima global? Durante el siglo pasado la temperatura media ha subido 0,6 grados Celsius y el nivel del mar ha ascendido entre 10 y 25 centímetros. Los 10 años más calurosos, desde que en el siglo XIX se empezaron a registrar las temperaturas, han ocurrido todos después de 1990. Los glaciares de las montañas han retrocedido y la nubosidad y las lluvias han aumentado por todo el mundo. Se espera que, para el año 2100, la temperatura media del aire podría subir entre 1,4 y 5,8 grados Celsius. Para hacernos una idea de lo que suponen estas cifras: la diferencia entre la temperatura media de la última era glacial (hace miles de años) y la actual, es de tan sólo 6 grados. El nivel del mar podría subir entre 9 y 88 centímetros.

Se puede pensar que un aumento de la temperatura media de unos pocos grados no es un gran problema, pero realmente sí lo es. En primer lugar, la subida del nivel del mar, provocada por el incremento de temperatura, causará problemas de inmediato en muchas zonas costeras. En segundo lugar, las temperaturas tierra adentro se volverán más extremas y, en general, los fenómenos meteorológicos graves (inundaciones, sequías y huracanes) serán más frecuentes.



Los científicos creen que, en el mejor de los casos, el nivel de CO_2 puede llegar a duplicar al final de este siglo al que había antes de 1800. Y en el peor caso, lo puede cuadruplicar. Si el nivel de CO_2 llega a ser cuatro veces el nivel pre-industrial de 280 ppm, el mundo tendrá un aspecto bastante diferente. El nivel del mar podría subir cerca de un metro, las temperaturas pueden aumentar en algunas zonas entre 15 y 20 grados Celsius y como media unos 6 grados. Todavía disponemos de suficientes reservas de combustibles fósiles baratos como para hacer que este escenario se convierta en realidad.

¿Qué podemos hacer al respecto? La única forma de parar los perniciosos efectos de este CO_2 extra es dejar de producirlo (es decir, dejar de usar combustibles fósiles) o bien capturar y almacenar el CO_2 producido. Obviamente, ambas opciones son imposibles en este momento. Pero incluso si queremos fijar el nivel de CO_2 en dos veces el nivel pre-industrial, tendremos que reducir en dos tercios nuestra producción de CO_2 en las próximas décadas. Sin embargo, en lugar de disminuir, la producción de CO_2 está aumentando cada año.

Opciones energéticas y efecto invernadero

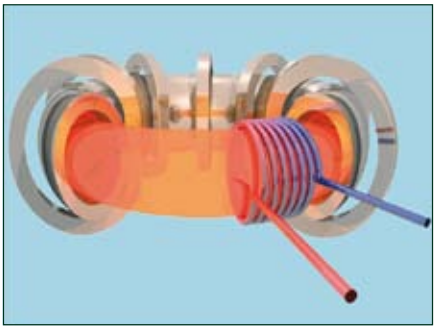
No todas las fuentes de energía producen gases de efecto invernadero. Los paneles solares, la energía eólica y la hidroeléctrica son ejemplos de fuentes de energía que producen electricidad pero no CO_2. Pero incluso esto no es totalmente cierto. La fabricación de los materiales para los aerogeneradores o los paneles solares necesita energía, que principalmente proviene de combustibles fósiles. Y en el caso de los embalses, la descomposición de las plantas en el agua puede producir metano, que es un poderoso gas de efecto invernadero.

¿Podemos generar toda nuestra energía sin producir gases de efecto invernadero? Sí, pero vamos a tener que trabajar mucho para lograrlo. La energía solar y la eólica juegan un papel muy pequeño hoy en día y hará falta que pasen varias décadas y que haya mucha investigación y desarrollo para que generen cantidades sustanciales de energía. Conceptos nuevos y más seguros de plantas nucleares podrían ser parte de la solución. La técnica de devolver el CO_2 a la tierra tiene un gran potencial pero todavía es una técnica experimental y debe responder a preguntas sobre sus efectos y riesgos a largo plazo. También costará varias décadas de investigación y desarrollo conseguir que la energía de fusión pueda suministrar un porcentaje razonable de la energía total. Si es que nos tomamos en serio los problemas climáticos, vamos a tener que desarrollar todas las fuentes de energía limpias y hacerlo rápidamente.

Una de las consecuencias del cambio climático es que las tormentas, inundaciones, sequías, y otros fenómenos meteorológicos violentos, sean más frecuentes

6 Anticipándonos: las fuentes de energía del futuro

Vivimos en un mundo que acaba de empezar a consumir energía. El rápido incremento de la población mundial (de 6 billones hoy, a 9 billones dentro de 50 años) combinado con el rápido desarrollo económico de países como China e India, catapultan nuestras necesidades de energía a cotas cada vez más altas. Durante los próximos 50 años, la humanidad consumirá más energía que la que ha consumido a lo largo de toda la Historia. La figura 15 muestra el desarrollo de las necesidades globales de energía en diferentes regiones del mundo.



Nuestro sistema energético futuro va a venir determinado por las decisiones que tomemos hoy.

Con las emisiones del carbón amenazando el medio ambiente, el mundo necesita un cambio de rumbo radical hacia fuentes de energía más limpias. Se requieren soluciones nuevas para afrontar el problema de la creciente demanda de energía, y los problemas relacionados con nuestros sistemas energéticos actuales.

Problemas actuales

Se espera que en 50 años el consumo de energía mundial sea como poco el doble que el actual. Este incremento acarrea al menos cuatro problemas graves.

El primero es que poco a poco nos estamos quedando sin combustibles fósiles baratos y fáciles de extraer. Aunque, en total, hay suficiente carbón para al menos doscientos años, la naturaleza no ha sido tan generosa con el petróleo y el gas. Varios estudios sitúan el pico de la producción mundial de petróleo (es decir, el momento a partir del cual la producción empezará a bajar), en algún punto entre 5 y 20 años a partir de ahora. Para el gas, el pico de producción vendrá unos 20 años después del pico del petróleo.

El segundo problema es que las reservas de petróleo y gas no están distribuidas uniformemente sobre el planeta. Casi el 80% está en Oriente Medio y en la Federación Rusa. Así que si seguimos dependiendo de los combustibles fósiles, vamos a depender mucho de esos países. Actualmente Europa importa el 50% de su energía, la mayor parte en forma de gas, petróleo y carbón. Si no se toman medidas, se espera que dentro de 20 o 30 años, Europa tenga que importar el 70% de toda la energía. Por esa razón muchos países están estudiando distintas opciones para depender menos de otros países, como la energía eólica o la fisión nuclear.

El tercer problema es el daño al medio ambiente. Cuando se quema carbón, que es uno de los combustibles fósiles más abundantes, se produce muchísima polución. Así que si países grandes como China e India siguen dependiendo del carbón como ahora, su medio ambiente sufrirá mucho, como ya pasa hoy en día. Además el CO_2, que es el gas responsable del efecto invernadero, no se queda dentro de las

fronteras de un país, y por lo tanto es un problema para todo el mundo.

El cuarto problema es la *penuria energética*: en este momento, unos 2 billones de personas aún dependen de la leña para cocinar y calentarse. La falta de acceso a las modernas formas de energía es un gran obstáculo para su desarrollo económico. El precio del petróleo, que se ha incrementado mucho en los últimos años, es otro obstáculo. Los países ricos pueden permitirse un petróleo caro, pero los países pobres no.

El objetivo de una energía sostenible

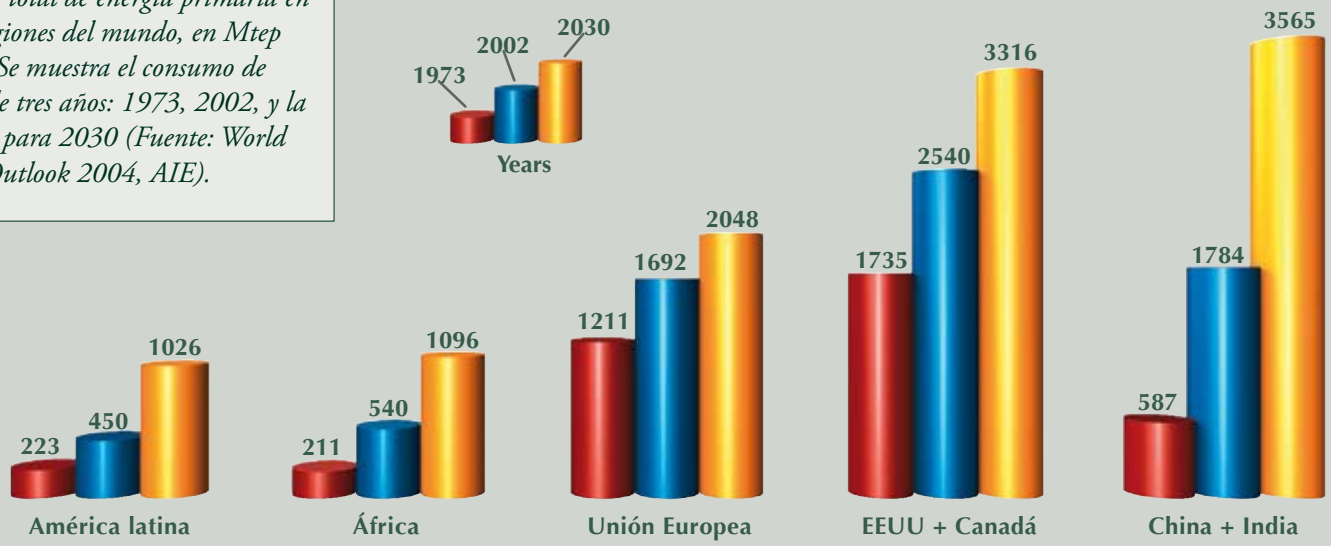
¿Cuál es la meta que deberíamos imponernos para el desarrollo del sistema energético? ¿Cómo queremos que sea el sistema energético dentro de, supongamos, 100 años?

En un mundo ideal, nos gustaría tener un *desarrollo sostenible*. Cuando se introdujo este término por primera vez (en el informe Brundtland, publicado en 1987) se definió la sostenibilidad como: "*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades*". En otras palabras, no deberíamos gastar más que la parte que nos corresponde de recursos, y deberíamos hacer posible que las generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades, por ejemplo, ofreciéndoles tantas tecnologías energéticas sostenibles como sea posible para que puedan escoger.

¿Qué implica la sostenibilidad respecto a la producción de energía? Nos gustaría producir y consumir energía de modo que mantenga el desarrollo humano a largo plazo, en todas sus facetas, sociales, económicas y medioambientales. Esto es lo que llamamos *energía sostenible*. Se refiere a la producción y el consumo de fuentes de energía de forma que se respeten a largo plazo el bienestar humano y el balance ecológico.

Para alcanzar este objetivo a largo plazo, preferiríamos usar fuentes de energía renovables: las que nunca se agotan. Entre esas fuentes están el viento, el agua, la radiación solar y la energía de la biomasa. Como los combustibles para la fusión son lo suficientemente abundantes como para durar millones de años de producción energética, también, a efectos prácticos, puede ser considerada como una fuente renovable.

Figura 15.
Consumo total de energía primaria en varias regiones del mundo, en Mtep anuales. Se muestra el consumo de energía de tres años: 1973, 2002, y la previsión para 2030 (Fuente: World Energy Outlook 2004, AIE).



Por el momento un sistema energético sostenible es todavía un sueño lejano. Según el balance mundial de la energía de 2002, editado por la Agencia Internacional de la Energía, sólo el 14% de la energía mundial proviene de fuentes renovables (incluyendo la biomasa no comercial, como la leña), y el 18% de la electricidad. Casi toda esa energía renovable viene de las plantas hidroeléctricas, la combustión de residuos y la biomasa. Lo que es peor, la demanda energética mundial crece a mayor velocidad de lo que crece actualmente el suministro de energías renovables.

Las fuentes renovables

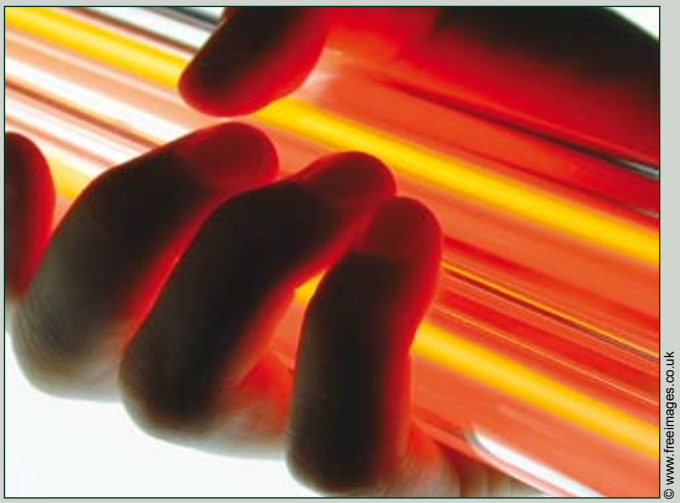
¿Por qué no estamos usando ya mucha más energía renovable? Hay varias razones. La primera es que el mundo está empezando a percibir el problema energético a gran escala, y los peligros del cambio climático. Hasta ahora no habíamos tenido la sensación de urgencia necesaria. En este momento la energía solar, la eólica y la biomasa están creciendo muy deprisa porque muchos gobiernos han empezado a promover activamente el uso de estas fuentes.

La segunda razón es que pese a muchos años de investigación y desarrollo, las tecnologías de las energías renovables siguen siendo más caras que quemar combustibles fósiles. Desde luego es muy difícil competir con un combustible que prácticamente se puede recoger del suelo. Tendremos que acostumbrarnos a la idea de que la disponibilidad de energía barata se está acabando, y que vamos a tener que pagar más por nuestra energía. Deberíamos tener presente que los combustibles fósiles tienen muchos costes "ocultos", como los debidos al efecto invernadero y los gastos médicos de las enfermedades producidas por la contaminación. Si se tienen en cuenta estos costes en el precio de la electricidad, el panorama puede cambiar a favor de las fuentes renovables.

Una tercera razón es que, especialmente la energía eólica y la solar son lo que se denominan fuentes *intermitentes* de energía, lo que significa que no producen energía todo el tiempo. Esto implica que se necesita potencia de reserva, o un medio de almacenar la energía para cuando no haya sol o viento. Esto incrementa los costes de esas fuentes de energía. Además, el sol, el viento y las fuentes geotérmicas no están distribuidos uniformemente por todo el mundo, y son muy locales.

Finalmente, las fuentes renovables como la eólica, la solar y la biomasa necesitan mucho espacio. Supongamos que cubrimos con células solares, que transforman la radiación solar en electricidad con una eficiencia media del 14%, una zona del norte de África que recibe como media 250 W/m^2 de energía solar. Dado que los rayos solares inciden con cierto ángulo, necesitarías tapizar un área de 30 a 40 kilómetros cuadrados con paneles solares, para generar la misma potencia que una central eléctrica de 1000 MW. Aunque esto sea posible, por supuesto, el tamaño de una planta de energía renovable no debería subestimarse.

Un segundo ejemplo: para obtener 1000 MW de energía de biomasa, se necesitarían 2000 kilómetros cuadrados de buena tierra de labor para los cultivos energéticos. La producción de fertilizantes consu-



© www.freeimages.co.uk

Usando fuentes de luz más eficientes ahorramos energía.

me mucha energía y utiliza combustibles fósiles como base, así que el uso de fertilizantes para hacer crecer biomasa tiene que minimizarse, y esto dificulta la producción.

Cómo elegir una fuente de energía

Para tomar las decisiones correctas de cara al futuro, hay que saber cuáles son nuestras necesidades de energía. Distintos requisitos de energía dan lugar a diferentes soluciones. En esta sección vamos a ver los aspectos que hay que considerar al decantarse por una fuente de energía en particular. Las fuentes de energía se usan para la industria y el transporte, para la calefacción de las casas y para generar electricidad. Aquí nos vamos a centrar solamente en la generación de electricidad.

Investigación en energía solar.

© Warren Gretz (PIX DOE/NREL)

La elección de la fuente energética más adecuada para generar electricidad en una situación dada depende de muchos factores. Algunas fuentes de energía, como el carbón, son baratas. Pero el país que no tenga minas de carbón dependerá de países extranjeros. Los combustibles fósiles emiten gases de efecto invernadero lo que tiene como consecuencia un cambio climático. Otras fuentes, como la energía solar, están disponibles en todas partes (con diferentes costes, según las condiciones climáticas), pero son todavía muy caras y tienen una capacidad limitada. Vamos a ver qué factores determinan la elección de una fuente de energía.

Ante todo: ¿cuánto cuesta la electricidad? Los llamados *costes de capital* son los que se emplean en construir la fuente de energía: construir la central eléctrica o comprar los paneles solares. Estos costes se expresan en euros por MW de potencia. Pero hay otros costes adicionales: una central eléctrica necesita combustible, necesita personal para operarla y cuando acaba su vida útil hay que desmantelarla. Si se suman todos esos costes y se dividen por el número de kilovatios-hora que la central producirá durante toda su vida útil, se obtiene el *precio por kilovatio-hora*, también llamado *costes de generación*. Para una central térmica de carbón, estos costes son unos 0,03 euros/kWh. El precio que el consumidor paga es mucho más alto que esto, alrededor de 0,12 euros/kWh, ya que hay que contar también con la red de distribución, los impuestos, etc.

Además de los costes hay otros factores, como la *capacidad* requerida. Si se necesita 1 kilovatio de potencia para una pequeña aldea africana, hay varias opciones, que incluyen un pequeño aerogenerador, células solares o un generador diesel. Pero si se necesitan 1.000.000 kW (1000 MW) para alimentar una gran ciudad, habrá que pensar en centrales térmicas de carbón o gas, o quizá una central de fisión nuclear.

Fuente de energía	Costes de inversión (Euro por kW)	Costes de generación (Euro por kWh)	Rango de potencia	¿Es intermitente?	Dependencia de otros países	Centralizada (C) o descentralizada (D)	Ventajas	Desventajas
Derivados del petróleo	1000	0,25	1kW - 10MW	no	high	both	Alto contenido energético Buen sistema de distribución Fácilmente transportable	Favorece el calentamiento global Crea tensión política Las reservas se agotarán
Carbón	800 - 1100	0,03	1MW - 1GW	no	high	C	Suministro abundante Barata Fácil de recuperar	Calentamiento global, lluvia ácida Sistema de transporte caro Polución atmosférica
Gas	300 - 600	0,03	1MW - 1GW	no	high	C	Fácil de transportar Fácil de obtener Relativamente limpia	Calentamiento global Las reservas se agotarán
Fisión nuclear	1000 - 1500	0,05	250MW - 1GW	no	medium	C	No gases de efecto invernadero Residuos compactos El combustible es barato	Grandes costes de inversión Residuos de vida larga y alto nivel radiactivo Potencialmente proliferación nuclear
Grandes hidroeléctricas	1400	0,05	10MW - 20GW	no	none	C	Barata una vez construida la presa Combustible renovable	Sólo disponible en algunos lugares Los daños medioambientales aguas abajo a menudo obligan a grandes traslados de población
Solar fotovoltaica[1]	4000 - 6000	0,60	10W - 10MW	yes	none	D	Combustible renovable Potencialmente distribuida a gran escala	Necesita mucho terreno Muy cara en la actualidad No disponible en todas partes
Eólica[1]	700 - 1200	0,07	100W - 100MW	yes	none	D	Combustible renovable distribuido Combustible renovable	Necesita mucho terreno Necesita almacenamiento de energía Depende mucho de las condiciones climatológicas
Biomasa	1300 - 1700	0,04	1kW - 150MW	no	none	D	renewable fuel	Poco eficiente en plantas pequeñas Necesita mucho terreno
Fusion[2]	6000	0,07	1GW - 2GW	no	none	C	No gases de efecto invernadero Abundantes reservas de combustible Residuos de vida corta	Faltan 35 años para una planta comercial Grandes costes de inversión Grandes tamaños

Tabla 10.
Características de diferentes fuentes de energía. Fuentes: Energy Information Administration, proyecto SAGE, NEMS).
1) Los costes de inversión citados son para la potencia pico. Si se tiene en cuenta el factor de capacidad, la energía eólica resulta entre 3 y 4 veces más cara y la solar unas 10 veces.
2) Los costes de inversión de la energía de fusión se han estimado para el año 2050, que es cuando se prevé que la fusión estará disponible comercialmente (Fuente: EFDA).

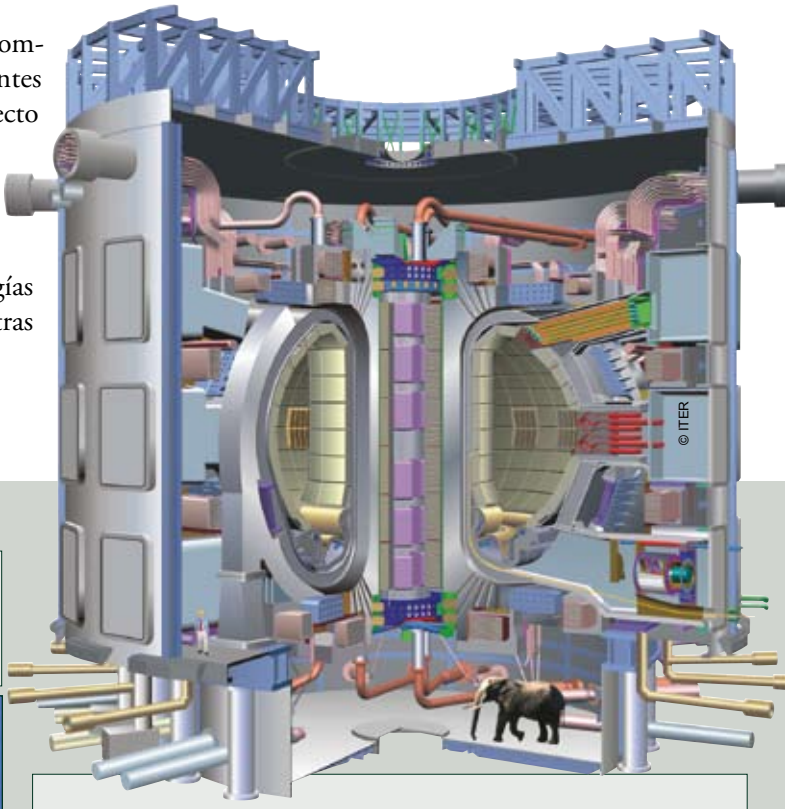
Después están las consideraciones medio ambientales como el efecto invernadero: se puede decidir generar electricidad libre de CO_2, por ejemplo con energía nuclear, o con tecnologías fósiles limpias. Así que la *emisión de gas de efecto invernadero* es un factor importante.

También el *uso del suelo* puede ser un factor importante. Si decides usar biomasa como fuente de energía, necesitarás una gran extensión de terreno desocupado para cultivar las cosechas. Con una población mundial en expansión esto puede ser difícil de encontrar. Lo mismo se puede decir de la instalación de aerogeneradores en países densamente poblados.

Como en todas las tecnologías, la *seguridad* es muy importante. Si se rompe la presa de un embalse, o una central nuclear de fisión tiene un accidente grave, hay que evacuar inmediatamente a mucha gente. Tampoco te gustaría estar cerca de un aerogenerador que pierda sus palas. Mucha gente pierde la vida en las minas de carbón, en explosiones de grisú y en accidentes en los pozos de petróleo. Aunque no existe la "energía segura", algunas fuentes son más peligrosas que otras.

Las fuentes de energía renovables, como la eólica y la solar, no producen energía todo el tiempo. Esto es la *intermitencia* de una fuente. Una gran dependencia en nuestro suministro de este tipo de fuentes requerirá la existencia de algún tipo de almacenamiento de la energía. Algunas fuentes, como la fisión nuclear, son más apropiadas para una generación centralizada de la energía, mientras que otras lo son para la generación descentralizada y puntual. Así que es importante si una fuente es *centralizada* o *descentralizada*. Por último, si hay que importar el combustible para la central, como en el caso del petróleo, un país puede llegar a depender demasiado del extranjero. De modo que la *dependencia de otros países* es también un factor.

En la tabla 10 se comparan todas las fuentes de energía respecto a varios factores. Como se puede ver, pueden ser adecuadas distintas fuentes de energías según sean nuestras necesidades.



El siguiente experimento en energía de fusión, ITER, estará listo hacia el año 2015. El elefante que aparece en la parte inferior de la figura nos indica la escala.

Las bombillas de bajo consumo gastan cinco veces menos energía que las bombillas incandescentes corrientes.

© Damon Hart-Davis / DHD photo gallery

La estructura energética futura

Las situaciones energéticas posibles en el futuro se estudian usando los llamados *escenarios energéticos*. Cada escenario es como una imagen concreta de cómo podría desarrollarse el futuro. La figura 16 muestra uno de esos escenarios, desarrollado por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) y el Consejo Mundial de la Energía (WEC). Por supuesto, representa sólo una de las posibles imágenes del futuro. Otras organizaciones, empresas e institutos de investigación tienen diferentes puntos de vista.

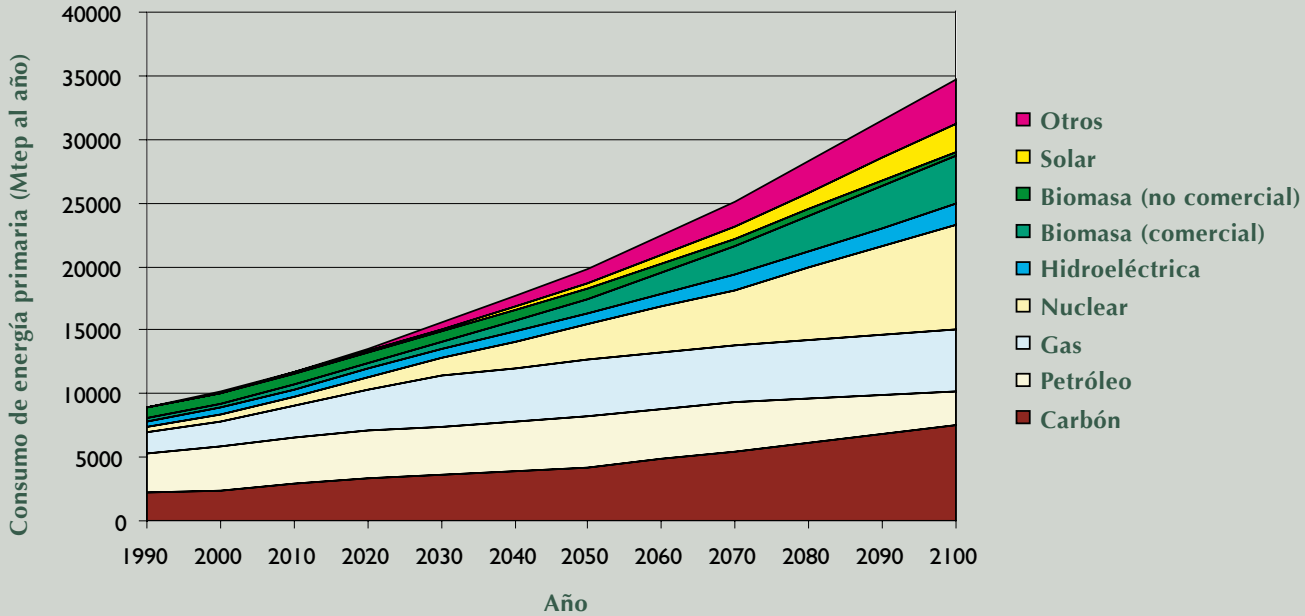
El estudio IIASA/WEC se publicó en 1998, y presenta 6 escenarios diferentes con distintas hipótesis sobre el desarrollo tecnológico y económico alcanzados, y las medidas de protección del medio ambiente adoptadas. El escenario que se presenta aquí es un escenario "medio", que representa desarrollos tecnológicos y crecimiento económico medios.

Lo que hace que los escenarios sean difíciles de interpretar es que engloban varias fuentes de energía a la vez, como la eólica, geotérmica y biomasa. También engloban la fisión nuclear y la fusión bajo el nombre "nuclear". La energía de fusión normalmente no se considera en los escenarios energéticos hasta el 2050, ya que se espera que la fusión no se comercialice antes del 2040 o 2050. Después de esa fecha, la energía de fusión puede tener una aportación considerable a la producción de energía y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la figura 16 vemos que este escenario prevé un gran incremento en el consumo de carbón, gas energía nuclear y biomasa comercial. En 2100, según este escenario, la energía solar y las otras fuentes renovables representarán el 16% del consumo mundial de energía. Respecto a la producción de electricidad, este escenario prevé un gran aumento en la aportación de las renovables y la energía nuclear.

Por supuesto éste no es más que uno de los posibles escenarios y los acontecimientos pueden desarrollarse de otra manera. Es muy difícil predecir lo que va a pasar dentro de 50 años, y no digamos 100 años. Lo que sí sabemos seguro es que cambiar el sistema energético es un proceso muy lento. Si se descubre una nueva tecnología para generar energía, pasarán 50 años antes de que esa fuente aporte una cuota

Figura 16.
Escenario energético para el consumo global de energía primaria hasta el año 2100. (Fuente: Consejo Mundial de la Energía (WEC) y IIASA, 1998, (escenario medio).



Que nuestro sistema energético llegue a ser más sostenible o no depende de cuánto dinero estemos dispuestos a gastar por una energía limpia y saludable.

razonable en la carta global de energías. Hay que construir fábricas y centrales eléctricas, hay hacer investigación y desarrollo, y hay que formar personal especializado.

La investigación en energía

En el futuro vamos a necesitar todas las opciones energéticas de las que podamos disponer. Hoy en día se está dedicando mucha investigación al desarrollo de nuevas fuentes de energía, a la mejora de las existentes y de la eficiencia con la que usamos la energía. Las empresas privadas de los países desarrollados gastan mucho dinero en mejorar las tecnologías disponibles comercialmente en la actualidad. Finalmente, las instituciones públicas, como universidades y organismos de investigación financiados por los gobiernos, intentan desarrollar las tecnologías energéticas que aún no son comerciales.

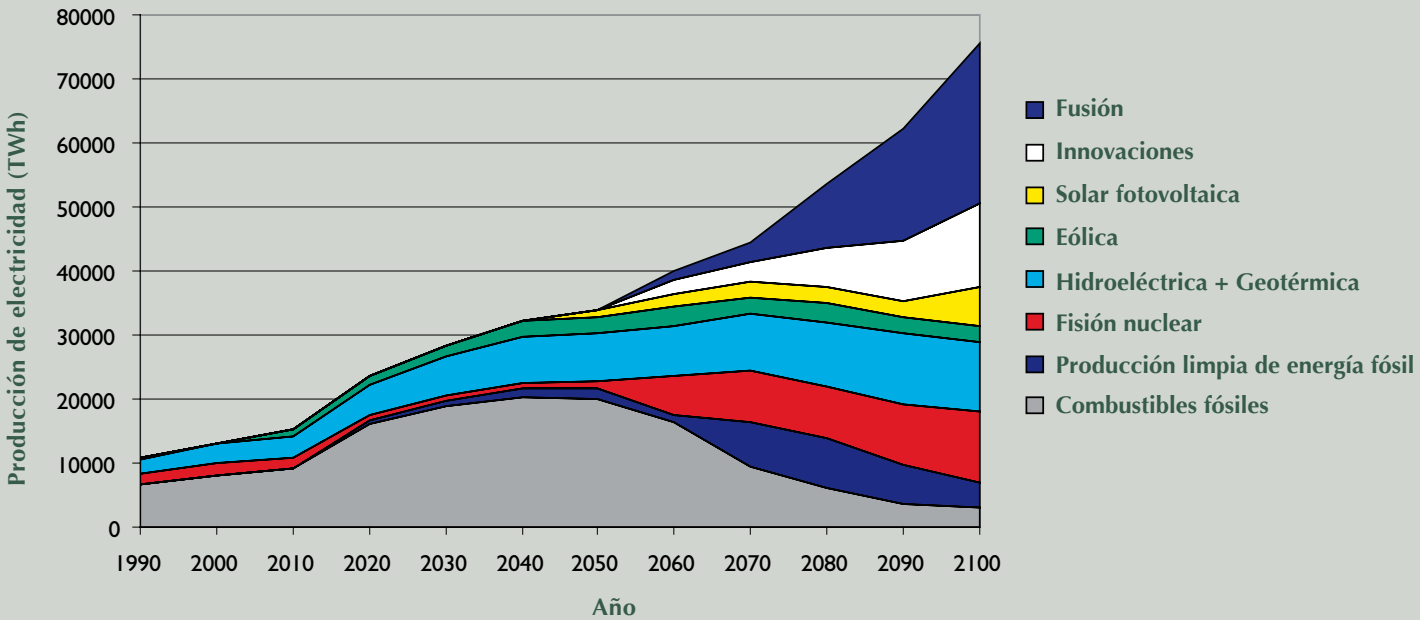
Las empresas que suministran la energía primaria, como las empresas del carbón y las petroleras, intentan extraer más energía del subsuelo mejorando la tecnología. Las empresas de la minería del carbón intentan extraer el metano (el principal componente del gas natural) de los lechos de carbón o incluso gasificar el carbón directamente en la mina. Las empresas

Adelante a toda máquina

Para poner un ejemplo de la magnitud de los desarrollos que se requieren, supongamos que queremos cubrir con energía eólica el 10% de la demanda mundial de energía en 2050. Si prevemos que para esa fecha la demanda total de energía mundial será el doble que la actual, en 2050 necesitaríamos unos 22.000 Mtep de energía, lo que equivale a 920 EJ (1 EJ=10^{18} julios). Un aerogenerador de 3 MW con un factor de capacidad del 33% produce $3{,}1 \cdot 10^{13}$ J al año. Así que si queremos cubrir el 10% de la demanda mundial con energía eólica necesitaríamos tener cerca de 3 millones de aerogeneradores en 2050, lo que quiere decir que tendríamos que construir 7 aerogeneradores cada hora durante los próximos 50 años.

Y esto solamente para el 10% de la electricidad mundial. A partir de este ejemplo, queda claro que necesitamos desarrollar todas las posibles fuentes de energía limpias tan rápido como sea posible, ya que no hay una solución única para abastecer a las necesidades mundiales de energía.

Figura 17.
Escenario del consumo global de electricidad hasta el año 2100 (Fuente: Research Institute of Innovative Technology for the Earth, Tokio, Japan).



petroleras y de gas desarrollan técnicas de medida y programas informáticos para mejorar el porcentaje de éxito de las nuevas perforaciones. También intentan obtener más petróleo y gas de los pozos ya conocidos, mediante una gran variedad de técnicas como la inyección de vapor o de CO_2. Otro campo en que se investiga intensamente es el almacenamiento de CO_2: para evitar la emisión a la atmósfera, el CO_2 liberado al quemar los combustibles fósiles puede ser almacenado en el subsuelo, en antiguos depósitos de gas vacíos o en acuíferos.

Un autobús de Amsterdam propulsado por hidrógeno, una pila de combustible y un motor eléctrico.

© Shell Hydrogen - www.shell.com/hydrogen

Las refinerías, que transforman el petróleo bruto en combustibles como la gasolina o el queroseno, tratan continuamente de reducir el contenido en azufre y otras sustancias dañinas de sus productos. Las compañías que construyen las centrales eléctricas intentan mejorar la eficiencia de la planta y diseñar nuevos métodos de reducir la contaminación. Se hace mucha investigación en las empresas y en las instituciones públicas para mejorar el rendimiento de las tecnologías que explotan las energías renovables y encontrar sistemas más eficientes y baratos.

En todos los demás sectores en los que se utiliza la energía, las actividades de investigación son aún más variadas. Se mejora la eficiencia de la mayoría de los aparatos, desde los frigoríficos, las bombillas, los automóviles y los motores hasta los hornos o calderas de todo tipo que se utilizan en la industria. La lista de los proyectos de investigación, desarrollo y demostración en materia de energía que se han llevado a cabo en los últimos años, es tremendamente larga, e incluye muchos éxitos.

Algunas de las fuentes de energía que se han tratado en el capítulo cuatro se siguen investigando activamente. Por ejemplo, hay un programa de investigación de ámbito internacional dedicado al desarrollo de la energía de fusión, y ya se han hecho grandes progresos. Se espera que la energía de fusión esté disponible comercialmente cerca del 2040.

¿Es el hidrógeno el vector energético del futuro?

En el caso ideal, nos gustaría utilizar la electricidad para todo, porque es limpia y fácil de transportar. Pero ya hemos visto que la electricidad tiene varias desventajas y la mayor de todas es la dificultad de almacenamiento. Por eso usamos combustibles fósiles como la gasolina para el transporte, ya que es fácil de almacenar y contiene mucha energía en un pequeño volumen. Así que en el futuro nos gustaría tener una sustancia fácil de almacenar y transportar, que contenga mucha energía, esté libre de contaminación y de carbono, y se pueda transformar en potencia cuando lo necesitemos y de una manera eficiente. Lo que queremos es un *vector energético* (o portador de energía) eficiente y limpio.

Se han propuesto varios combustibles como candidatos: metanol, etanol, líquidos sintéticos especiales como el éter dimetil, obtenido a partir del gas natural o del carbón, gas natural comprimido e hidrógeno. De todos éstos, el hidrógeno es el que potencialmente tiene más ventajas. El hidrógeno se puede obtener a partir de una gran variedad de fuentes de energía primaria, como gas natural, carbón, petróleo, biomasa, residuos, radiación solar, viento, energía de fisión y de fusión. Se puede quemar, o se puede utilizar en una pila de combustible, sin producir emisiones (sólo agua) en el punto de utilización. Las pilas de combustible transforman hidrógeno (y oxígeno) en electricidad a baja temperatura y con alta eficiencia. Últimamente se ha progresado mucho hacia la utilización de las pilas de combustible para el transporte y las aplicaciones energéticas en la industria. Si se obtuviera hidrógeno a partir de fuentes renovables o nucleares, o de combustibles fósiles con captura del CO_2, sería posible producir y usar combustibles sin apenas emisiones de gases contaminantes o de efecto invernadero.

Es importante destacar que el hidrógeno no es una nueva fuente de energía, sino simplemente una forma intermedia de energía muy ventajosa. En primer lugar necesitamos energía para obtener el hidrógeno del agua por electrolisis o alguna otra reacción química. Para producir un kilo de hidrógeno se necesitan cerca de 50 kWh de electricidad.

El uso del hidrógeno como un vector energético versátil nos lleva al concepto de *economía del hidrógeno*. En una economía del hidrógeno, los dos principales vectores son el hidrógeno y la electricidad y todo el sistema energético se organiza en torno a ellos. El concepto de economía del hidrógeno se ha explorado varias veces, empezando en las décadas de los 50 y 60, cuando se consideraba el hidrógeno como un apéndice de un sistema energético basado en gran parte en la fisión nuclear, para almacenar los picos de producción. Después se estudió como medio de almacenar la energía intermitente de las fuentes renovables o para construir una segunda red de energía complementaria a la electricidad. Últimamente la idea es producir hidrógeno a partir de los combustibles fósiles y capturar el CO_2 que se emite en el proceso, y almacenarlo en antiguos yacimientos de gas o de petróleo o capas freáticas subterráneas.

© Fraunhofer ISE

Una pequeña pila de combustible alimentando un ordenador portátil. El cilindro de la derecha almacena el hidrógeno.

Conclusión

Todos los sistemas de producción de energía a gran escala tienen sus pros y sus contras. Los combustibles fósiles emiten gases de efecto invernadero y otros contaminantes, la construcción de nuevas presas afecta al medio ambiente y tiene costes sociales, la biomasa necesita grandes cantidades de terreno. Las centrales nucleares de fisión están libres de emisiones pero producen residuos. El consumo de combustibles fósiles hace a menudo que unos países sean muy dependientes de otros. Aparentemente no podemos tener lo bueno sin algo de lo malo. Lo mejor es tener un sistema energético diversificado, que utilice todas las fuentes posibles, de modo que los riesgos e impactos negativos de todas ellas puedan minimizarse.

Hay otras razones para tener una estructura energética variada. Para las poblaciones urbanas lo mejor es la generación centralizada de energía, mediante centrales de 1000 MW o más, combinadas con una potente red eléctrica. Por otro lado, las comunidades rurales están mejor atendidas con fuentes pequeñas y descentralizadas de energía, como la eólica o la solar.

El sistema energético evoluciona muy despacio, porque es un sistema grande y complejo. Nuestras decisiones de hoy sobre qué tecnologías desarrollar y apoyar, determinarán en gran medida cómo será el sistema energético dentro de 50 años o más. Debemos proveer a las próximas generaciones con las técnicas necesarias para satisfacer sus demandas de energía. Como hay tantas incertidumbres sobre el futuro, la mejor estrategia es desarrollar todas las fuentes de energía posibles para que estén disponibles en el momento en que haya que utilizarlas.

Para garantizar el suministro futuro de energía, es necesario investigar sobre los recursos energéticos renovables, las formas seguras y limpias de usar la energía de fisión y las nuevas fuentes de energía, como la fusión. El futuro de la energía ya está empezando hoy.

Puesta de sol en un campo petrolífero.

This publication, supported by the European Commission, was carried out within the framework of the European Fusion Development Agreement (EFDA). The EFDA Parties are the European Commission and the Associates of the European fusion programme which is co-ordinated and managed by the Commission.
Neither the Commission, the Associates nor anyone acting on their behalf is responsible for any damage resulting from the use of information contained in this publication. The views and opinions expressed herein do not necessarily reflect those of the European Commission. Text, pictures and layout, courtesy of the EFDA Parties or other credited sources.

EFDA

EUROPEAN FUSION DEVELOPMENT AGREEMENT