

# MAS RIQUEZA CON MENOS CARBONO

AMORY B. LOVINS

Si primásemos la eficiencia energética, no sólo protegeríamos el clima. Empresas y consumidores percibirían beneficios económicos

Un malentendido desvirtúa el debate acerca del clima. Los expertos que hablan en nombre de uno u otro lado durante la disputa sostienen que la protección del clima obliga a un compromiso entre el ambiente y la economía. Creen que al quemar menos combustibles fósiles para refrenar o impedir el calentamiento global aumenta el coste de satisfacer las demandas energéticas de la sociedad. Afirman los ecologistas que el coste sería un poco mayor, pero valdría la pena; los escépticos, entre ellos altos cargos del gobierno de EE.UU., advierten de que los gastos adicionales serían prohibitivos. Pero ambas partes están equivocadas. Adecuadamente conducida, la protección climática *reduciría* los costes, no los aumentaría. Un aprovechamiento más eficiente de la energía brindaría un filón económico, no ya por los beneficios que supondría detener el calentamiento global, sino también porque ahorrar combustibles fósiles es mucho más barato que comprarlos.

En el mundo abundan los métodos de eficacia comprobada para emplear la energía más productivamente. Diversas empresas los están ya aplicando. Durante la última década, la empresa DuPont ha incrementado su producción

en casi un 30 por ciento; sin embargo, ha reducido el gasto energético en un 7 por ciento y las emisiones de gas de invernadero en un 72 por ciento (medidas en función de su equivalente en dióxido de carbono), con un ahorro hasta ahora de más de dos mil millones de dólares. Otras cinco firmas importantes —IBM, British Telecom, Alcan, Norske Canada y Bayer— han ahorrado en conjunto otros dos mil millones de dólares desde comienzos de los años noventa y han reducido en más de un 60 por ciento sus emisiones de carbono. En 2001, la petroquímica BP cumplía el objetivo que se había impuesto de reducir sus emisiones de dióxido de carbono para 2010 a un diez por ciento menos que sus emisiones de 1990; en diez años redujo su factura energética en 650 millones de dólares. Y en mayo de 2005, General Electric se comprometió a elevar su eficiencia energética en un 30 por ciento para el año 2012; persigue así aumentar su valor accionarial. Estas empresas, y decenas como ellas, saben que la eficiencia energética mejora la cuenta de resultados y rinde unos beneficios adicionales aún más valiosos: aumento de la calidad y fiabilidad en sus plantas, aumento del 6 al 16 por ciento en la productividad de la mano de obra en

1. LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FOSILES, amén de contribuir al calentamiento global, dilapida el dinero. Mejorando la eficiencia energética en fábricas, edificios, vehículos y artículos de consumo se reduciría el consumo de carbón y combustibles derivados del petróleo, conteniéndose el daño al clima terrestre y ahorrándose a la vez inmensas cantidades de dinero para empresas y hogares.



unas instalaciones más eficientes y aumento de las ventas de un 40 por ciento en unos locales comerciales diseñados para que los ilumine sobre todo la luz diurna.

Actualmente, EE.UU. gasta un 47 por ciento menos de energía por dólar de producción que hace 30 años, lo que rebaja los costes en mil millones de dólares diarios. Tales ahorros actúan a modo de enorme reducción fiscal, que va asimismo recortando el déficit federal. Lejos de frenar el desarrollo global, unas facturas energéticas más bajas lo aceleran. Y hay muchas más economías posibles en cada etapa de la producción, distribución y consumo de la energía. Convertir en las centrales eléctricas el carbón en la energía que luego será luz en nuestras viviendas tiene un rendimiento de sólo el 3 por ciento. La mayor parte del calor que se desperdicia, por ejemplo, en las

centrales eléctricas estadounidenses —una energía superior en un 20 por ciento a la que gasta Japón en todos los usos—, podría reciclarse lucrativamente. En EE.UU., alrededor del 5 por ciento de la electricidad doméstica se pierde en dar energía a ordenadores, televisores y otros aparatos apagados. (La electricidad desperdiciada a causa de los circuitos de espera mal diseñados equivale a la producción de una docena de centrales de 1000 megawatt funcionando a toda su potencia.) En total, el despilfarro energético evitable cuesta, sólo a los estadounidenses, centenares de miles de millones de dólares; en la economía mundial, el desperdicio es de alrededor de un billón de euros al año, perdidos en desestabilizar el clima sin ningún provecho.

Si la eficiencia energética posee tal potencial, ¿por qué no nos esforzamos en lograrla? Para empezar, muchos confunden la eficiencia (hacer más con menos) con las restricciones, las incomodidades o las privaciones. Otro obstáculo es que los consumidores desconocen cuán beneficioso les sería mejorar la eficiencia, ya que la energía se ahorra en millones de detalles, no mediante cambios a gran escala. La mayoría no puede prestar tiempo ni atención a informarse acerca de las modernas técnicas de mejora de la eficiencia, que evolucionan a un ritmo que ni los expertos pueden seguir. Además, las subvenciones a cargo de los contribuyentes han hecho que la energía parezca barata. Aunque la administración norteamericana ha declarado prioritaria la mejora de la eficiencia energética, ese compromiso es retórico. Normas y costumbres muy arraigadas bloquean los esfuerzos por mejorar los rendimientos, si no premian el despilfarro. Sin embargo, ciertos cambios no demasiado complejos convertirían esos obstáculos en oportunidades de hacer negocio.

La mejora de la eficiencia es una medida vital para conseguir un sistema energético que no resulte perjudicial para el clima, pero a la adopción de combustibles que emitan menos carbono también le toca un papel importante. La economía mundial ya está prescindiendo del carbono: en los dos últimos siglos, los combustibles ricos en carbono, como el carbón, han cedido el paso a combustibles con menos carbono (petróleo y gas natural) o carentes del mismo (fuentes renovables, como la energía solar o la eólica). Hoy, menos de un tercio de los átomos de combustible fósil quemados son de carbono; el resto son de hidrógeno, inocuo para el clima. Esa tendencia a la descarbonización está reforzada por unos mayores rendimientos en la conversión, distribución y empleo de la energía; por ejemplo, combinando la producción de calor y electricidad puede extraerse el doble de trabajo útil de cada tonelada de carbono emitida a la atmósfera. Juntos, esos avances podrían reducir radicalmente las emisiones totales de carbono hacia 2050, aunque a la vez crezca la economía mundial. Este artículo se centra en el premio mayor: exprimir más trabajo de cada unidad de energía entregada a las empresas y a los consumidores. En cada etapa del trayecto desde los lugares de producción hasta los puntos de servicio se pierden grandes cantidades de energía. Pequeñas reducciones en la potencia empleada donde desemboca la cadena pueden rebajar enormemente la potencia útil requerida donde arranca.

## LA ENCRUCIJADA DE LA ENERGÍA

### EL PROBLEMA:

- El sector energético de la economía mundial es despilfarrador. En centrales eléctricas y edificios se derrocha calor en enormes cantidades, coches y camiones disipan la mayoría de la energía que les cede el combustible y los electrodomésticos malgastan buena parte de la suya (y a menudo gastan electricidad aun estando apagados).
- Si no se hace nada, seguirá quemándose petróleo y carbón, y con ellos cientos y cientos de miles de millones de euros al año; los problemas relativos al clima, la contaminación y la seguridad empeorarán.

### EL PLAN:

- Para ahorrar energía, el método más rápido y lucrativo es mejorar el rendimiento en el uso final. Numerosos productos de bajo consumo no cuestan más que los de alto consumo. Viviendas y fábricas que gasten menos energía pueden construirse a menor coste que las corrientes. Reducir la masa de los vehículos puede doblar su economía de combustible sin comprometer la seguridad ni elevar el precio de venta al público.
- Mediante la mejora de la eficiencia energética y las fuentes de energía renovable, para 2050 se podría llegar a eliminar el uso de los combustibles petrolíferos. Las empresas con afán de lucro pueden marcar el camino.

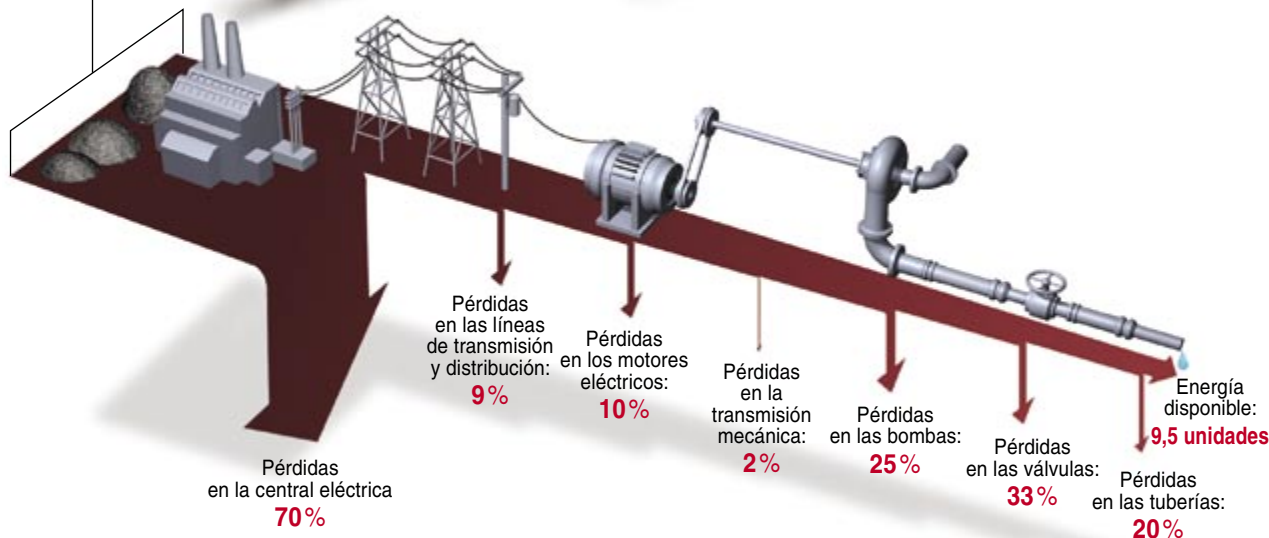


## DESGLOSE DE PERDIDAS

Las ineficiencias a lo largo del trayecto desde la central eléctrica hasta una conducción industrial merman la energía cedida por el combustible —arbitrariamente fijada en 100 en este ejemplo— en más del 90 por ciento; sólo quedan 9,5 unidades de energía para impulsar el fluido a la salida de la tubería. Pero un pequeño aumento en la eficiencia del uso final podría invertir el sentido de ese balance de pérdidas. Por ejemplo, ahorrar una unidad de energía de salida gracias a la reducción del rozamiento dentro de la tubería recorta en 10 unidades la energía que debe ceder el combustible, lo que rebaja drásticamente los costes y la contaminación en la central eléctrica, a la vez que permite el empleo de motores y bombas más pequeños y baratos.

Energía cedida por el combustible (carbón):

100 unidades



### La revolución del bajo consumo

Numerosos productos de bajo consumo energético, antes costosos y raros, son ahora económicos y comunes. Así, los controles de velocidad electrónicos se producen en masa y tan baratos, que algunos proveedores los incluyen como extra gratuito en sus motores. El precio de las bombillas fluorescentes de bajo consumo ha bajado mucho en los últimos años. Gastan entre 75 y 80 por ciento menos electricidad que las bombillas de incandescencia y duran de 10 a 13 veces más. Los revestimientos de ventana que transmiten la luz y reflejan el calor cuestan un cuarto de lo que costaban hace cinco años. En el caso de algunos equipos de mercados muy competitivos —motores eléctricos, bombas industriales, televisores o frigoríficos—, algunos modelos de muy bajo consumo no cuestan más que los otros. Sin embargo, la revolución oculta de su combinación y aplicación reviste una importancia mucho mayor que todas estas técnicas mejores y más baratas.

¿Cuánto aislante térmico es adecuado para una casa en un clima frío? La mayoría de los ingenieros dejarían de añadir aislante cuando el gasto en más material se hiciera mayor que los ahorros a lo largo del tiempo en las facturas de calefacción. Pero esa comparación omite los gastos de instalación del sistema de calefacción —la caldera, tuberías, bombas, ventiladores, etcétera—, del que podría prescindirse con un aislamiento lo bastan-

te bueno. Consideremos mi propia casa, construida en 1984 en Snowmass (Colorado), donde las temperaturas invernales pueden bajar hasta  $-44$  grados Celsius y las heladas se dan en cualquier momento del año. La casa carece de sistema de calefacción clásico; en cambio, el tejado está aislado con 20 a 30 centímetros de espuma de poliuretano, y sus muros de ladrillo de 40 centímetros de espesor emparedan otros 10 centímetros de ese mismo material. En las ventanas de doble hoja se combinan dos o tres capas finas termorreflectoras transparentes con gas criptón aislante: bloquean el calor igual que una pila de ocho a catorce hojas de vidrio. Esas características, junto con el calor recuperado del aire ventilado, reduce las pérdidas térmicas de la casa a alrededor de sólo un 1 por ciento más que el calor tomado de la luz solar, los electrodomésticos y las personas del interior. Esa minúscula pérdida puedo compensarla jugando con mi perra (que genera unos 50 watt de calor, ajustables hasta los 100 watt si se le arroja una pelota) o, en las noches más frías, quemando estudios energéticos obsoletos en una pequeña estufa de leña.

Eliminando el sistema de calefacción reduje los costes de construcción en 1100 dólares (de 1983). Luego reinvertí ese dinero, más otros 4800 dólares, en instalaciones que ahorran la mitad del agua, el 99 por ciento de la energía para calentar agua y el 90 por ciento de la electricidad doméstica. La estructura, de 370 metros

cuadrados —que alberga también la sede original del Instituto de las Montañas Rocosas (RMI), asociación sin ánimo de lucro que cofundé en 1982—, consume apenas más electricidad que una sola bombilla de 100 watt. (Esta cifra excluye la potencia consumida por el equipo de oficina del instituto.) Unas células solares generan de cinco a seis veces esa electricidad; revendo el excedente a la compañía eléctrica. En conjunto, todas las inversiones en eficiencia energética se amortizaron en 10 meses con las técnicas de 1983; las de hoy son mejores y más baratas.

En el decenio de 1990, Pacific Gas & Electric acometió un experimento, lo llamaron ACT<sup>2</sup>, que aplicó el diseño inteligente a siete edificios nuevos y viejos con la intención de demostrar que las mejoras de eficiencia energética grandes resultan más económicas que las pequeñas. Por ejemplo, construyeron a las afueras de Davis (California) una casa que se conservaba fresca durante el verano sin acondicionamiento de aire. Estimaron que costaría construir ese tipo de vivienda, si se difundiese lo suficiente, unos 1800 dólares menos que edificar una casa corriente del mismo tamaño, y a lo largo de su vida útil habría que gastar 1600 dólares menos en su mantenimiento.

Análogamente, el arquitecto tailandés Soontorn Boonyatikarn construyó en 1996, en las cercanías del húmedo y caluroso Bangkok, una casa que requería sólo un séptimo de la capacidad de acondicionamiento de aire que se instala en una estructura de esas dimensiones; el ahorro en equipamiento pagó el techo, los muros y las ventanas aislantes que mantienen fresca la casa. En todos estos casos, el enfoque del diseño fue el mismo: optimizar el edificio en su totalidad para obtener múltiples beneficios en vez de buscar un beneficio componente a componente, considerados por separado.

Esta ingeniería de sistemas completos puede también aplicarse a edificios de oficinas y plantas industriales. En 1997, los proyectistas de una fábrica de alfombras de Shangai redujeron en un 92 por ciento, merced a dos sencillos cambios, la potencia de bombeo necesaria en un circuito de circulación de calor. El primer cambio consistió en instalar tuberías más anchas, con lo que redujeron notablemente el rozamiento y el sistema pudo emplear bombas y motores más pequeños. La segunda innovación fue trazar el recorrido de las tuberías antes de situar las máquinas que debían conectar. Como resultado, el fluido se movía por tramos cortos y rectos, sin tortuosidades, reduciendo aún más el rozamiento y los gastos de instalación.

Esto no es astronáutica; se trata sólo de redescubrir la buena ingeniería victoriana. Y es de aplicación general. Un equipo de ensayos del Instituto de las Montañas Rocosas ha creado recientemente diseños de nuevas construcciones que brindan ahorros energéticos del 89 por ciento a los centros informáticos, del orden del 75 por ciento a las plantas químicas, del 70 al 90 por ciento a los supermercados y aproximadamente del 50 por ciento a los yates de lujo, todos con unos gastos de capital instalado inferiores a los de los diseños ordinarios. El equipo ha propuesto también actualizaciones de refinerías de petróleo, minas y fábricas de microcircuitos ya existentes que reducirían del 40 al 60 por ciento

el consumo energético, con un gasto amortizable en pocos años.

## Vehículos menos derrochadores

En EE.UU., el transporte consume el 70 por ciento del petróleo producido y genera un tercio de las emisiones carbónicas del país. Se da por generalmente admitido que constituye la parte más espinosa del problema climático, especialmente porque en China e India hay centenares de millones de compradores de automóviles. Pero el transporte ofrece enormes oportunidades a la eficiencia energética. En *Winning the Oil Endgame (Ganar el órdago del petróleo)*, un estudio redactado en 2004 por mi equipo del Instituto de las Montañas Rocosas, se descubre que combinando ingeniosamente materiales ligeros con innovaciones en la propulsión y aerodinámica podría reducirse en dos tercios el consumo de combustible de coches, camiones y aviones sin comprometer la comodidad, la seguridad, las prestaciones ni los precios.

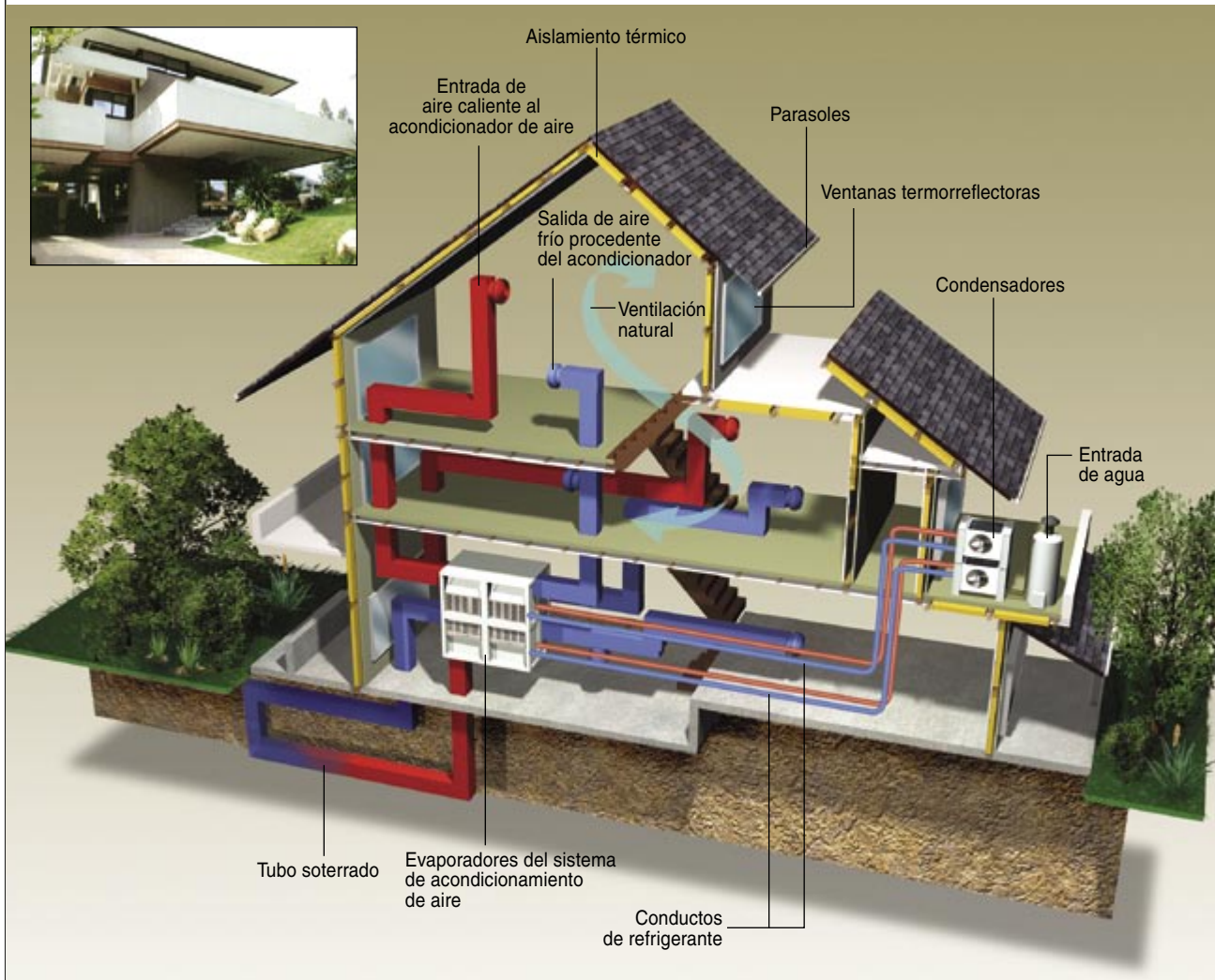
Pese a 119 años de perfeccionamientos, el rendimiento total de los vehículos modernos sigue siendo asombrosamente bajo. A las ruedas todavía llega sólo el 13 por ciento de la energía del combustible; el otro 87 por ciento se disipa como calor y ruido en el motor y la transmisión, o se pierde en ralentís y accesorios, en los acondicionadores de aire por ejemplo. De la energía entregada a las ruedas, más de la mitad sirve para calentar los neumáticos, la calzada y el aire. Sólo el 6 por ciento de la energía del combustible acelera el vehículo (y esa energía se emplea en calentar los frenos cuando paramos). Y como el 95 por ciento de la masa acelerada es del mismo vehículo, sólo menos del 1 por ciento del combustible acaba propulsando al conductor.

Sin embargo, la física nos da la solución obvia: reducir en lo posible el peso del automóvil, causante de tres cuartos de las pérdidas en las ruedas. Por cada unidad de energía ahorrada en las ruedas al disminuir el peso (o reducir la resistencia del aire), se ahorrarán siete unidades adicionales de la energía que ahora se pierde de camino a las ruedas. El interés por reducir costes y aumentar la seguridad desalienta los intentos de construir autos más livianos, pero los materiales modernos —las nuevas aleaciones metálicas y los materiales compuestos poliméricos avanzados (fibras inmersas en matrices de resina)—, ligeros aunque fuertes, pueden rebajar drásticamente la masa de un vehículo sin sacrificar su seguridad estructural en los choques. Por ejemplo, los materiales compuestos de fibra de carbono absorben de seis a doce veces más energía de impacto por kilogramo que el acero, lo que compensa con creces la desventaja en masa del auto si choca con otro de acero de masa doble. Con estos materiales nuevos, los coches pueden ser grandes, cómodos y seguros sin resultar pesados, ineficientes y hostiles, ahorrando petróleo y vidas a la vez. Como dijo Henry Ford, más peso no significa más resistencia. Si se diera tal equivalencia, los cascos de los ciclistas serían de acero y no de fibra de carbono.

Las técnicas de manufactura avanzadas desarrolladas durante los dos últimos años podrían conseguir que las carrocerías hechas de materiales compuestos de carbono fueran competitivas frente a las de acero. Una carrocería más ligera permitiría a los fabricantes de automóviles

## DISEÑO ECONOMIZADOR

¿Cómo se consigue un ambiente fresco en la tropical Tailandia a la vez que se minimiza el gasto energético? El arquitecto Soontorn Boonyatikarn, de la Universidad de Chulalongkorn, empleó aleros y terrazas para proteger del sol su casa de 350 metros cuadrados en Pathumthani, cerca de Bangkok. El aislamiento, una estructura hermética y unas ventanas reflectoras de infrarrojos impiden la entrada al calor mientras dejan pasar una buena cantidad de luz solar. Que el interior carezca de tabiques y un hueco de escalera central favorecen la ventilación; el aire interior se enfría al fluir por un tubo enterrado. Como resultado, la casa necesita sólo un séptimo de la capacidad de acondicionamiento de aire que suele instalarse en una estructura de estas dimensiones. Para reducir aún más la factura energética, los condensadores del sistema de acondicionamiento de aire calientan el agua de la casa.



emplear motores más pequeños (y menos caros). Y como el ensamblado de coches de materiales compuestos de carbono no requiere talleres de carrozado ni de pintura, las fábricas serían más pequeñas; construir las costaría un 40 por ciento menos que edificar una planta corriente. Esos ahorros compensarían el mayor precio de los materiales compuestos de carbono. En total, con las carrocerías ultraligeras podría conseguirse que el rendimiento del combustible viniera a doblar el de los modernos coches eléctricos híbridos —donde ese rendimiento ya es el doble que en los coches comunes— sin elevar el precio de venta al público. Si los materiales compuestos no estuvieran a punto, podríamos echar mano de los nuevos aceros ultraligeros. La competencia en el mercado dirá

cuál es el material ganador. En cualquier caso, antes de diez años los vehículos ultraligeros de muy bajo consumo empezarán a destacarse del grueso del pelotón.

Más aún, los coches ultraligeros podrían acelerar mucho la transición hacia los automóviles impulsados por pilas de combustible. Un monovolumen de tamaño medio, cuyo peso y resistencia del aire se hubieran reducido a la mitad, con lo que la potencia requerida en sus ruedas se habría reducido en dos tercios, consumiría unos dos litros por cien kilómetros, con lo que necesitaría sólo una pila de combustible de 35 kilowatt, un tercio del tamaño corriente y, por tanto, más fácil de fabricar asequiblemente. Y como el vehículo sólo necesitaría acarrear la tercera parte de hidrógeno, no requeriría una nueva

técnica de almacenamiento; unos depósitos de fibra de carbono pequeños, nada peligrosos y de serie podrían contener hidrógeno suficiente para propulsar el vehículo durante 530 kilómetros. Así pues, el primer fabricante de automóviles que se pase a los ultraligeros ganará la carrera de las pilas de combustible. Hay, pues, un poderoso incentivo para que los fabricantes innoven con valentía en lo que se refiere a materiales y fabricación, a la manera de lo que acometen ahora unos pocos en lo concerniente a la propulsión.

El análisis del Instituto de las Montañas Rocosas muestra que, de adoptarse el principio de la eficiencia energética en vehículos, edificios e industrias, el gasto de petróleo previsto para 2025 en EE.UU. —28 millones de barriles diarios— podría disminuir a menos de la mitad; el consumo se rebajaría a niveles no conocidos desde 1970. Siendo realistas, para 2025 sólo se podrá lograr la mitad de esas economías, pues aún estarían en servicio muchos coches y camiones antiguos y de mayor consumo (el parque de automóviles cambia muy despacio). Pero podría llegarse a prescindir de los combustibles derivados del petróleo antes de 2050 duplicando primero la eficiencia de su empleo y sustituyéndolo luego por otras fuentes de energía (véase la figura 3). Las empresas podrían sacar grandes beneficios gracias a ese cambio, pues ahorrar un barril de petróleo merced a la mejora del rendimiento cuesta sólo 12 dólares, menos de un quinto del actual precio de venta del crudo. Y hay dos clases de fuentes de energías alternativas que podrían competir con el petróleo aunque éste se vendiera a menos de la mitad de su precio actual. La primera es el etanol, obtenible de plantas leñosas o herbáceas, como el álamo o la gramínea *Panicum virgatum*. Actualmente, en EE.UU. el maíz es la primera fuente de etanol, que se mezcla con gasolina, pero las plantas leñosas producen el doble de etanol por tonelada que el maíz y con menos inversiones de capital y mucho menos consumo energético.

La segunda opción alternativa consiste en reemplazar el petróleo por gas natural con menor contenido en carbono, que se abarataría y abundaría más, a medida que el aumento en eficiencia redujera la demanda de electricidad en las horas de máxima carga. En esas horas, las turbinas de gas trabajan con tal derroche que, economizando el 1 por ciento de la electricidad, se reduciría en un 2 por ciento el consumo estadounidense de gas natural y su precio en un 3 o 4 por ciento. El gas ahorrado así y en otros usos podría sustituir al petróleo directamente o bien convertirlo en hidrógeno, lo que reportaría un provecho y eficiencia mayores.

Los beneficios de eliminar poco a poco los combustibles fósiles irían mucho más allá del ahorro estimado en 70.000 millones de dólares al año. La transición rebajaría en un 26 por ciento las emisiones carbónicas de EE.UU. y eliminaría todos los costes sociales y políticos de la obtención y consumo de crudos: conflictos militares, inestabilidad de los precios, complicaciones fiscales y diplomáticas, contaminación, etcétera. Si el país se liberara de su dependencia del petróleo, ya no le valdría la pena combatir por él. Además, el Pentágono cosecharía inmediatamente los frutos de favorecer la eficiencia energética, pues necesita desesperadamente reducir los costes y riesgos de abastecer de combustible a sus tropas. Al igual que los esfuerzos en investigación del Departamento de Defensa de EE.UU. transformaron la industria civil al crear Internet y el GPS, ahora deberían conducir el desarrollo de los materiales ultraligeros avanzados.

El paso a una economía no dependiente del petróleo sería aún más rápido que lo previsto por el Instituto de las Montañas Rocosas si los responsables políticos cesaran de fomentar unas pautas que obligan a usar tanto los automóviles. No debería ordenarse o subvencionarse la dispersión de urbanizaciones alrededor de las ciudades. Concentrar la población ahorra combustible de manera menos perturbadora que otros métodos de limitar el tráfico motorizado (como las draconianas tasas sobre combustibles y coches con que Singapur evita atascos de la magnitud de los de Bangkok).

### Energías renovables

Asimismo, unas mejoras en la eficiencia energética que nos ahorrasen la mayoría de nuestro consumo eléctrico actual serían más baratas que el carbón que hoy queman las compañías eléctricas para generar la mitad de la energía eléctrica consumida en EE.UU. y el 37 por ciento de la española, y emitir el 38 por ciento de las emisiones de carbono procedentes de combustibles fósiles (en EE.UU.). Han progresado mucho en los últimos años las opciones alternativas a las centrales de carbón: las fuentes no perezosas —en especial los generadores solares y eólicos— y las plantas descentralizadas de cogeneración que producen a la vez electricidad y calor en edificios y fábricas. A escala mundial, la capacidad de generación conjunta de esas fuentes es ya mayor que la de las centrales nucleares y crece seis veces más deprisa. Esa tendencia impresiona tanto más cuanto que los generadores descentralizados se enfrentan a muchos obstáculos que traban la justa competencia y a unas subvenciones muy inferiores a las que reciben las plantas centralizadas de carbón y nucleares.

### ADICCIÓN AL PETRÓLEO

**28 millones** de barriles de petróleo se consumirán a diario en EE.UU. en 2025, si prosigue la tendencia actual

**13 por ciento**

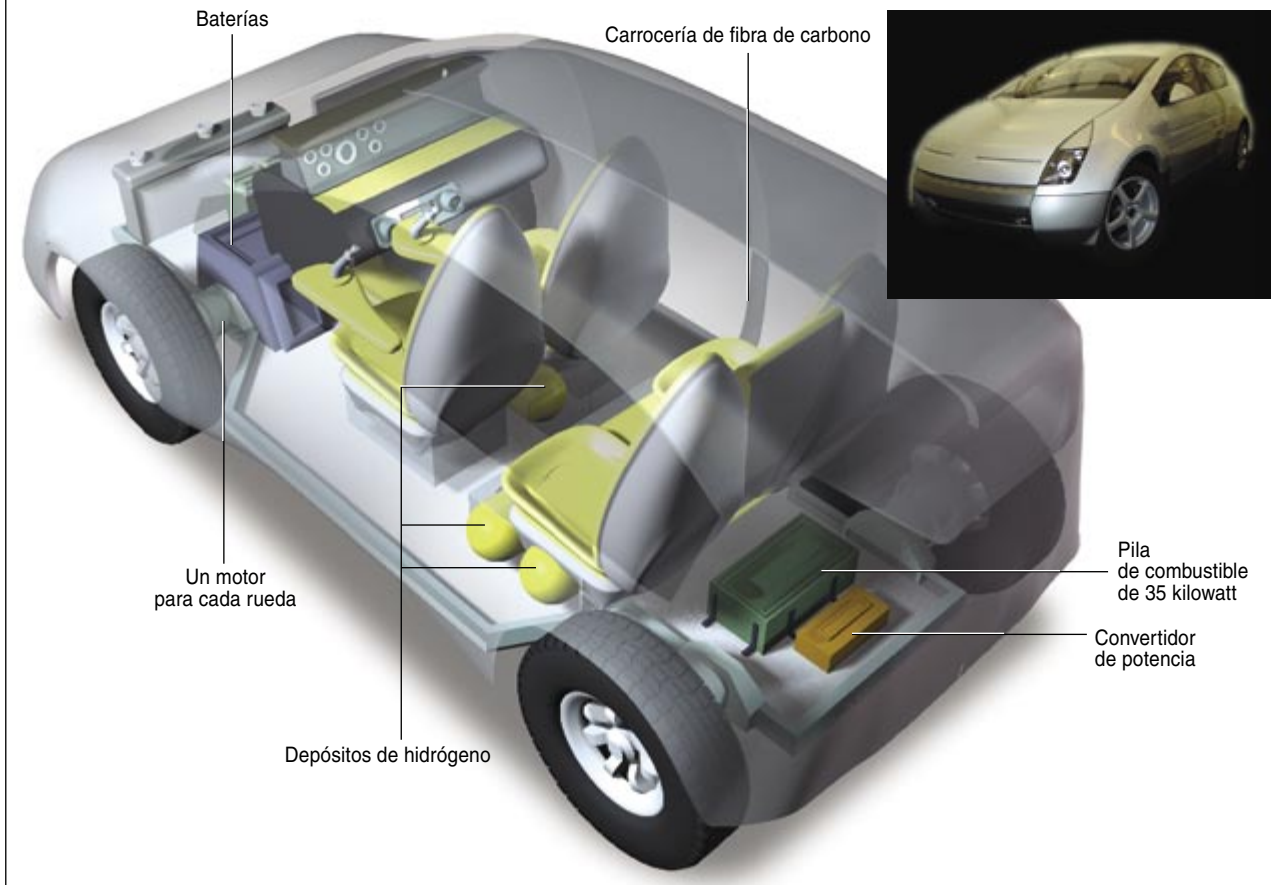
Proporción de la energía cedida por el combustible que llega a las ruedas de un automóvil

**70.000 millones de dólares**

Ahorro anual (en 2025) posible mejorando la eficiencia energética en el uso de los combustibles petrolíferos y hallando sustitutos para éstos

## COCHES ULTRALIGEROS

Los coches ultraligeros pueden ser rápidos, espaciosos, seguros y eficientes. *Revolution*, un prototipo de monovolumen diseñado en 2000, de tamaño medio y cinco asientos, pesa sólo 857 kilogramos —menos de la mitad que un coche convencional comparable—, pero su habitáculo seguro de fibra de carbono protegería a los pasajeros en colisiones a gran velocidad con vehículos mucho más pesados. Una pila de combustible de 35 kilowatt lo propulsaría durante 530 kilómetros con los 3,5 kilogramos de hidrógeno de sus depósitos. Podría acelerar hasta los 100 kilómetros por hora en 8,3 segundos.



Acaso, el mayor éxito corresponda a la energía eólica. La producción masiva y una ingeniería perfeccionada han conseguido que los modernos generadores eólicos sean grandes (con capacidades unitarias de dos a cinco megawatt), altamente fiables y muy benignos con el entorno. Dinamarca ya extrae del viento un quinto de su electricidad, Alemania un décimo y España más del 6 por ciento. Alemania y España están añadiendo 2000 megawatt de potencia eólica cada año; Europa aspira a obtener el 22 por ciento de su electricidad y el 12 por ciento de su energía total de fuentes no percederas en 2012. En contraste, la capacidad mundial de las centrales nucleares se espera que siga estancada, para luego decaer.

La crítica más común a la energía eólica —su intermitencia— no ha resultado un inconveniente grave. En zonas de Europa que obtienen toda la energía generada por el viento sólo en algunos días, las compañías eléctricas han resuelto el problema diversificando la ubicación de las turbinas, tomando en cuenta las previsiones sobre el viento en los planes de generación e integrando la potencia eólica con la hidroeléctrica y la procedente de

otras fuentes. La generación eólica y la solar trabajan juntas especialmente bien, en parte porque las condiciones adversas para la eólica (tiempo calmo y soleado) son buenas para la solar, y viceversa. Bien combinadas, las instalaciones eólicas y las solares son más fiables que las centrales eléctricas ordinarias; constan de módulos más pequeños (turbinas eólicas, células solares) que difícilmente fallarán a la vez, su coste no se descontrola cuando sube el precio de los combustibles fósiles y no es probable que sufran atentados.

La energía renovable ya resulta ventajosa económicamente. En 2003, la energía eólica se vendía en EE.UU. por sólo 2,9 centavos de dólar el kilowatt-hora. La generación eólica está subvencionada por el gobierno federal mediante una desgravación fiscal, pero aun sin ésta, el precio —unos 4,6 centavos por kilowatt-hora— sigue siendo menor que el de la energía subvencionada de las nuevas centrales de carbón o nucleares. La subvención a la energía eólica es de carácter temporal y el Congreso la ha dejado expirar repetidamente; en cambio, los subsidios a las industrias nucleares y de combustibles fósiles son más cuantiosos y estables.





Generadores eólicos en Alemania

[En España, la cesión de energía eólica a una empresa distribuidora está regulada por el Real Decreto 436/2004. La tarifa es de un 90 por ciento de la llamada tarifa media de referencia, que es de unos 7 céntimos de euro el kilowatt-hora. Puede venderse también libremente en el mercado, en cuyo caso se suman al precio de mercado una prima del 40 por ciento de la tarifa media y un incentivo del 10 por ciento.]

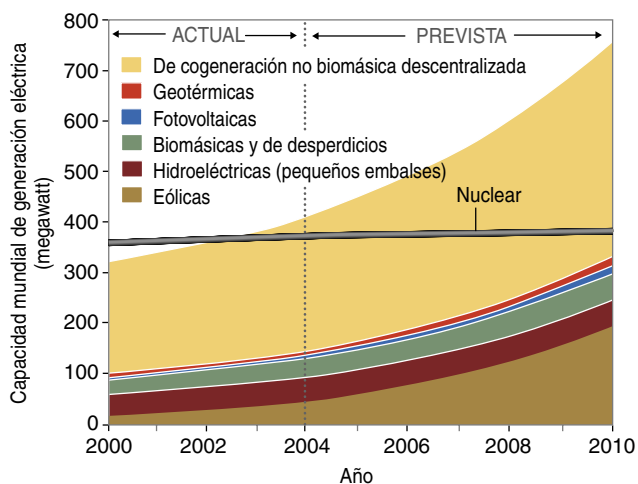
La energía eólica es además abundante: unos parques eólicos que ocuparan, por ejemplo, una reducida fracción de la tierra disponible en ambas Dakotas cubriría rentablemente todas las necesidades de electricidad de Estados Unidos. Las células solares, aunque actualmente más caras por kilowatt-hora que las turbinas eólicas, serían rentables integradas en edificios, porque ahorran materiales de techado. En los grandes edificios comerciales de techo plano, las células solares pueden competir sin subvenciones si se las combina con un uso eficiente que permita al propietario del edificio revender la energía sobrante cuando más abundante y valiosa es, en las tardes soleadas [la tarifa de venta de la energía fotovoltaica en España es, según el Real Decreto 436/2004, un 300 por ciento de la tarifa media de referencia, o un 575 por ciento si la potencia instalada no supera los 100 kW]. La generación solar suele ser también la mejor solución para dotar de electricidad a los dos mil millones de personas que carecen de acceso a líneas de transmisión. Pero incluso en los países ricos, una casa tan eficiente como la mía puede conseguir toda su electricidad con sólo unos pocos metros cuadrados de células solares, cuya instalación es más barata que conectarse a las líneas de distribución cercanas.

### Una solución más barata

Una política orientada a perfeccionar sin grandes gastos la eficiencia energética y unas fuentes competitivas de energías no perezaderas pueden invertir la terrible aritmética del cambio climático, que se acelera exponencialmente a consecuencia del consumo creciente de combustibles fósiles. La eficiencia energética puede mejorar más deprisa que la economía crece: entre 1977 y 1985, por ejemplo, el producto interior bruto (PIB) norteamericano creció un 27 por ciento, mientras que el consumo de petróleo disminuyó en un 17 por ciento. (En el mismo período, las importaciones de petróleo cayeron un 50 por ciento, y las importaciones del golfo Pérsico se desplomaron un 87 por ciento.) El crecimiento de las energías no perezaderas ha rebasado al PIB; a escala mundial, las producciones de energías solar y eólica se duplican cada dos y tres años, respectivamente. Si tanto la eficiencia como la generación de energías renovables crecen más rápido que la economía, las emisiones de carbono disminuirán y el calentamiento global se retardará, concediéndonos más tiempo para desarrollar técnicas aún mejores que reemplacen el combustible fósil que aún quede en uso, o para dominar y poner en práctica procedimientos que retengan el carbono de combustión antes de que penetre en la atmósfera.

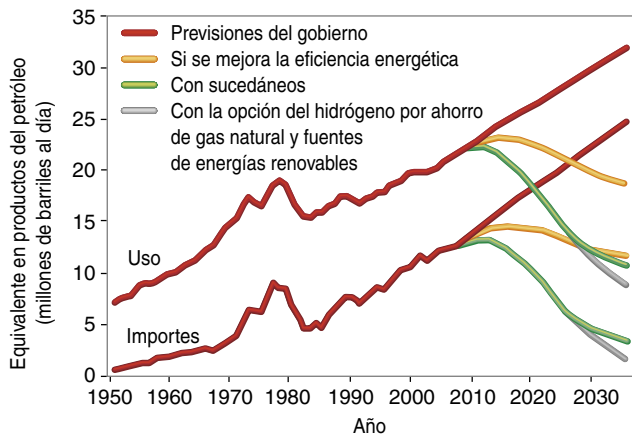
En contraste, la energía nuclear es una solución más lenta y mucho más cara. La entrega de un kilowatt-hora de una central nuclear nueva cuesta al menos el triple que ahorrarlo aumentando la eficiencia. Así pues, cada

## FUENTES ALTERNATIVAS



2. LAS FUENTES DESCENTRALIZADAS de electricidad —la cogeneración (generación combinada de electricidad y calor, habitualmente a partir de gas natural) y las no perezaderas (como las solares y las eólicas)— superaron mundialmente a las nucleares en capacidad de generación en 2002. La producción de este año de esas fuentes, con poco o ningún carbono, rebasará la de las centrales nucleares.

## ESTADOS UNIDOS LIBRE DE PETROLEO



3. EL CONSUMO Y LAS IMPORTACIONES DE PETROLEO DE EE.UU. pueden reducirse drásticamente de modo rentable doblando la eficiencia energética de vehículos, edificios e industrias (*línea roja en el gráfico*). EE.UU. puede lograr aún más reducciones sustituyendo los combustibles fósiles por sucedáneos competitivos, como los biocombustibles avanzados y el gas natural (*líneas verdes*), o el hidrógeno (*líneas grises*).

dólar gastado en mejorar el rendimiento ahorraría el uso de al menos tres veces más carbón que si ese dólar se invirtiera en energía nuclear; además, esas mejoras de la eficiencia entrarían en efecto mucho más rápidamente porque construir reactores lleva tiempo. Desviar inversiones públicas y privadas de los ganadores en el mercado a los perdedores no sólo distorsiona los mercados y reparte mal el capital financiero, sino que agrava el problema climático al apoyar una solución menos eficaz.

La buena nueva acerca del calentamiento global es que es más barato solucionarlo que ignorarlo. Como el ahorro de energía es lucrativo, el uso eficiente está ganando atractivo en los mercados. Skip Laitner, de la Agencia para la Protección Ambiental de EE.UU., calcula que desde 1996 a mediados de 2005 unas prudentes decisiones de empresas y consumidores, combinadas con una economía cada vez más cimentada en la información y los servicios, recortó en un 2,1 por ciento anual el gasto medio en energía por dólar de PIB, un ritmo de reducción casi triple que en los diez años anteriores. Ese cambio absorbió casi el 78 por ciento del aumento de la demanda energética en los últimos diez años (el resto se afrontó con el aumento del abastecimiento energético), y EE.UU. logró ese progreso sin ayuda de ningún avance técnico ni de nuevas políticas nacionales. El problema climático se debe a millones de malas decisiones tomadas durante decenios, pero la estabilidad climática puede recuperarse mediante millones de decisiones sensatas, comprando lámparas y coches más eficientes, revocando las subvenciones al despilfarro y recompensando los resultados deseables (por ejemplo, pagando a arquitectos e ingenieros por los ahorros y no por los gastos).

El papel correcto de un gobierno es pilotar, no remar, pero durante años los responsables han estado llevando por un rumbo erróneo la nave de la energía. La actual política energética estadounidense perjudica al clima

y la economía al rechazar los principios del mercado libre y someter las nuevas técnicas al favoritismo. Lo mejor es permitir que todos los métodos de producir o ahorrar energía compitan limpiamente, a los precios más justos, con independencia del tipo de inversión que sea, qué técnica se aplique, a qué escala y quién sea el propietario.

Así, pocas jurisdicciones admiten hoy que las fuentes de energía descentralizadas, como los dispositivos solares de tejado, se conecten directamente a la red eléctrica nacional, pese a que los estándares técnicos modernos permiten que se haga sin riesgo. Aunque 31 estados norteamericanos admiten que la compañía eléctrica compre al productor individual la electricidad que ha generado de sobra al mismo precio que se la vende, la mayoría restringen o distorsionan arbitrariamente esa competencia.

Pero el mayor de los obstáculos a la eficiencia en la producción de electricidad o gas es que se suele premiar a las compañías distribuidoras por vender más energía y penalizarlas por recortar las facturas a sus clientes. Por suerte, ese problema tiene fácil solución: los organismos reguladores deberían desligar incentivos y ventas, y permitir luego a las distribuidoras que se queden con parte de los ahorros derivados de la reducción de la factura energética.

Han tardado en salir de Detroit vehículos de muy bajo consumo; ni los balances contables ni los directivos han apoyado las innovaciones más atrevidas. Además, EE.UU. grava poco la gasolina pero subvenciona mucho su producción, con lo que resulta, o resultaba hasta hace muy poco, más barata que el agua embotellada. Sin embargo, aumentar los impuestos sobre los combustibles podría no ser la mejor solución; en Europa, unos impuestos exorbitantes —que en muchos países elevan los precios de la gasolina a un euro o más el litro— contribuyen a reducir el uso de los coches más que a lograr que los nuevos modelos sean eficientes, pues los costes del combustible se diluyen en los demás gastos del dueño del coche y se descuentan muy rápidamente (la mayoría de los compradores sólo contabiliza el ahorro en combustible correspondiente a los dos o tres primeros años). En Estados Unidos, las normas federales adoptadas en 1970 contribuyeron a mejorar el consumo de los automóviles y camionetas nuevos desde los 15 litros por cien kilómetros, en 1978, a los 10,7 litros por cien kilómetros en 1987, pero la media ha ido situándose en 11,7 l/100 km desde entonces. El gobierno prevé que la industria automovilística pasará los próximos 20 años tratando de que sus vehículos sean más eficientes que en 1987 sólo en 0,2 km por litro. Además, los fabricantes aborrecen las normas porque limitan la libertad de elegir y ya han aprendido a burlar al sistema vendiendo más vehículos clasificados como camionetas, en las que se consiente mayor consumo que en los coches. (Las camionetas de más consumo incluso reciben subvenciones especiales.)

La contramedida política más eficaz sería la “cuota de reembolso”, que se cargaría a los coches nuevos ineficientes y se reembolsaría a los compradores de modelos eficientes. Aplicada por separado para cada categoría de vehículo, y evitar un sesgo contra los modelos de

mayor tamaño, las cuotas de reembolso no restringirían la posibilidad de elegir de los compradores: la ampliarían. Tal política podría acelerar la adopción de coches, camiones y aviones de tecnología avanzada sin mandatos, impuestos, subvenciones ni leyes nacionales.

En Europa y Japón el obstáculo principal para el ahorro energético se esconde en la falsa creencia de que sus economías ya han alcanzado la máxima eficiencia energética posible. Cierto es que doblan el grado conseguido por EE.UU., pero les queda mucho camino por recorrer. Con todo, las mejores oportunidades se dan en los países en desarrollo, cuya eficiencia media es tres veces menor que la de EE.UU. En esos países se venden libremente, y todo el mundo los compra, motores, cebadores de tubos fluorescentes, un sinnúmero de dispositivos que despilfarran sin cuento. El sector energético devora en estos momentos un cuarto de sus fondos para el desarrollo, desviando el dinero de otros proyectos vitales. De tal situación son parcialmente responsables los países industrializados, porque muchos de ellos han exportado vehículos y maquinaria ineficientes al mundo en desarrollo. Exportar ineficiencia es tan inmoral como antieconómico; en cambio, los países más ricos deberían ayudar a los países en vías de desarrollo a construir infraestructuras de bajo consumo que liberasen capital para afrontar otras necesidades apremiantes. Por ejemplo, fabricar lámparas y ventanas eficientes necesita 1000 veces menos capital que construir centrales eléctricas y redes de distribución para

las mismas funciones, con la ventaja añadida de que la inversión se recupera por diez veces más deprisa.

China e India saben ya que sus florecientes economías no pueden seguir compitiendo si el derroche energético continúa dilapidando dinero, talento y salud pública. China se está fijando unas metas ambiciosas, pero alcanzables, para pasar del carbón a fuentes renovables descentralizadas y al gas natural. (Los chinos disponen de grandes reservas de gas natural y se espera que pongan en explotación vastos yacimientos en Siberia oriental.) Además, en 2004 China anunció una nueva estrategia energética, que no se basa en grandes centrales, sino en la generación descentralizada y en rápidas mejoras en la eficiencia de los nuevos edificios, fábricas y artículos de consumo. Asimismo, está tomando medidas para contener la explosión del consumo de petróleo; en 2008 será ilegal allí vender muchos de los actuales e ineficientes coches americanos. Si los fabricantes de automóviles de otros países no innovan rápidamente, dentro de una década pudiera muy bien ocurrir que el lector conduzca un coche de bajísimo consumo de manufactura china.

La cada vez más competitiva economía global está estimulando un fascinante nuevo modelo de inversión energética. Si los gobiernos pueden eliminar las barreras institucionales y aprovechar el dinamismo de la libre empresa, los mercados favorecerán por naturaleza las decisiones que generen bienestar, protejan el clima y propicien una seguridad auténtica al sustituir los combustibles fósiles por alternativas más económicas.

### El autor

**Amory B. Lovins**, físico, es cofundador y director del Instituto de las Montañas Rocosas, organización sin ánimo de lucro con sede en Snowmass (Colorado), y presidente de Fiberforge, firma de ingeniería de Glenwood Sprins (Colorado). Ha asesorado a empresas y gobiernos de todo el mundo durante más de 30 años.

### Bibliografía complementaria

HYPERCARS, HYDROGEN AND THE AUTOMOTIVE REVOLUTION. A. B. Lovins y D. R. Cramer en *International Journal of Vehicle Design*, vol. 35, n.ºs 1-2, págs. 50-85; 2002.  
WINNING THE OIL ENDGAME. A. B. Lovins, E. K. Datta, O. E. Bustness, J. G. Koomey y N. J. Glasgow. Rocky Mountain Institute, 2004.