

# [r]evolución energética

PERSPECTIVA MUNDIAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE



VISSER/GREENPEACE

© P. AMSTINE

**EREC**  
EUROPEAN RENEWABLE  
ENERGY COUNCIL

**GREENPEACE**

© PAUL LANGROCK/ZENIT/GREENPEACE

introducción	4
resumen ejecutivo	6
1 protección del clima	9
2 amenazas nucleares	13
3 [r]evolución energética	16
4 escenarios para el Suministro Energético	24
5 escenario global la [r]evolución energética	38
6 recursos y seguridad en el suministro	48
7 tecnologías energéticas	68
8 políticas recomendadas	81
apéndice	86

# energy noitulove[r]

Greenpeace Internacional, Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC)

fecha enero de 2007

instituto DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, Stuttgart, Alemania:

Dr. Wolfram Krewitt, Sonja Simon, Stefan Kronshage Ecofys BV, (Demand Projection), P.O. Box 8408, NL-3503 RK Utrecht, Kanaalweg 16-

G, NL-3526 KL Utrecht, Holanda: Wina Graus, Mirjam Harmelink

Colaboradores Regionales: OECD Norteamérica WorldWatch Institute: Janet Sawin, Freyr Sverrisson; GP USA: John Coegyut Latinoamérica Universidad de Sao Paulo: Ricardo J. Fujii, Prof. Dr. Stefan Krauter; GP Brasil: Marcelo Furtado OECD Europa EREC: Oliver Schäfer, Arthouros Zervos Economías de Transición Vladimir Tchouprov África & Oriente Medio Reference Project: "Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power" 2006, Dr. Franz Trieb; GP Mediterraneo: Nili Grossmann Surasia Rangan Banerjee, Bangalore, India; GP India: Srinivas Kumar Este Asiático ISEP-Institute Tokyo: Mika Ohbayashi; GP Sur Este Asiático: Jaspas Inventor, Tara Buakamsri China Prof. Zhang Xilian, Tsinghua University, Beijing; GP China: Ailun Yang OECD Pacífico ISEP-Institute Tokyo, Japan: Mika Ohbayashi; Dialog Institute, Wellington, New Zealand: Murray Ellis; GP Australia Pacífico: Catherine Fitzpatrick, Mark Wakeham; GP New Zealand: Vanessa Atkinson, Philip Freeman

Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC) Arthouros Zervos, Oliver Schäfer

Greenpeace Internacional Gavin Edwards, Sven Teske, Steve Sawyer, Jan van de Putte

coordinador del proyecto Sven Teske, Greenpeace International

autores Sven Teske, Arthouros Zervos, Oliver Schäfer

editor Crispin Aubrey

diseño & maquetación Tania Dunster, Jens Christiansen, onehemisphere, Sweden [www.onehemisphere.se](http://www.onehemisphere.se)

GPI REF JN 035. Published by Greenpeace International and EREC. Printed on 100% post consumer recycled chlorine-free paper. © GP/COBBING

Imagen portada PARQUE EÓLICO CRECA DE DAHME. TURBINA DE VESTAS EN LA NIEVE.

imagen PEQUEÑO ICEBERG QUE FLOTA EN LA BAHÍA FRENTE A LA CIUDAD DE NARSAAQ, SUR ESTE DE GROENLANDIA

# presentación

---



**La creciente sensibilización en el mundo sobre nuestro futuro energético ha establecido un importante punto de partida respecto a los patrones utilizados en el pasado en la producción y uso de la energía. Nace, pues, la necesidad de garantizar la seguridad energética, controlar la contaminación provocada por la quema de combustibles, y, obviamente, presentar batalla al creciente desafío que supone el cambio climático, que requiere la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en especial, de dióxido de carbono.**



En este informe, se ofrece un análisis sobre diferentes escenarios futuros del uso de la energía, aunque se hace especial hincapié en tecnologías limpias, cuyo desarrollo tendrá su auge en los próximos años. Se reconoce en todo el mundo que nuestro porvenir estriba en las tecnologías renovables, si queremos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Es por esto que la Agencia Internacional de la Energía ha desarrollado escenarios alternativos que incorporan los futuros cambios tecnológicos, pese a que en el pasado basaba su línea de actuación en función de la demanda y el suministro energéticos. Además, en el Cuarto Informe de Valoración del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) se incluye la energía renovable como un asunto fundamental, al evaluar y reconocer que esta opción tecnológica limpia consigue mitigar y encontrar estrategias de respuesta para paliar el cambio climático.

Cada vez es más convincente la evidencia científica de la necesidad de una acción urgente para atajar el problema del calentamiento. Entre las soluciones futuras se contempla el uso de las tecnologías renovables existentes, la adopción de nuevas medidas sobre eficiencia energética y estrategias para descentralizar la energía limpia. En particular en este estudio se proporciona un análisis exhaustivo y bien documentado con vistas a estimular la búsqueda de opciones idóneas en estas áreas. Espero que tanto los lectores conocedores de estos problemas y soluciones como aquellos que buscan una respuesta a la situación actual se beneficien de la lectura de estas páginas.

***Dr. R. K. Pachauri***

PRESIDENTE DEL PANEL INTERGUBERNAMENTAL  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

ENERO DE 2007

# introducción

“PARA ALCANZAR UN CRECIMIENTO DE LAS FUENTES RENOVABLES ECONÓMICAMENTE ATRACTIVO, ES FUNDAMENTAL LOGRAR UNA MOVILIZACIÓN ADECUADA Y EQUILIBRADA DE TODAS LAS TECNOLOGÍAS PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES”.



**imagen** TEST DE UN MOLINO EÓLICO N90 2500, CONSTRUIDO POR LA COMPAÑÍA ALEMANA NORDEX, EN EL PUERTO DE ROSTOK. ESTE MOLINO EÓLICO TIENE 2,5 MW DE POTENCIA Y ES TESTADO EN CONDICIONES OFF-SHORE. PARA 2007 SE EMPLAZARÁN POR LO MENOS 10 INSTALACIONES COMO ÉSTA A 20 KM DE LA COSTA DE LA ISLA DARSS, EN EL MAR BÁLTICO. DOS TÉCNICOS TRABAJANDO EN LA TURBINA.

Comenzamos este documento con las buenas noticias. Para el año 2050, las energías renovables, junto con el uso inteligente de la energía, podrán contribuir a aportar la mitad de la demanda energética del mundo. Este nuevo informe, “Revolución Energética Global –Perspectivas Mundiales de la Energía Sostenible”, demuestra la viabilidad económica de un recorte de casi un 50% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> durante los próximos 43 años. El informe concluye, además, que desde el punto de vista técnico, es posible lograr un abastecimiento masivo a partir de fuentes de energías renovables– lo único que falta es un apoyo político adecuado.

La mala noticia es que se acaba el tiempo. Con un aplastante consenso de opiniones científicas se afirma la llegada del cambio climático, provocado en gran medida por actividades humanas (como el uso de combustibles fósiles), un cambio climático que si no se controla, tendrá unas consecuencias desastrosas para la humanidad. Además, según evidencias científicas sólidas, debemos actuar urgentemente. Estas afirmaciones quedan reflejadas en las conclusiones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), una institución de la ONU formada por más de 1.000 científicos que ofrecen asesoramiento a políticos. En su último informe, que se publicará en 2007, es poco probable que se muestren más optimistas.

En respuesta a esta amenaza, el Protocolo de Kioto ha obligado a los países ratificantes a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en el período entre 2008 y 2012, en un 5,2% de media anual, en relación con el nivel base de 1990. Lo cual, a su vez, ha provocado la adopción de una serie de medidas regionales y nacionales de reducción. En el ámbito de la Unión Europea, por ejemplo, Bruselas propone lograr una reducción final del 8%. La

Unión Europea, a fin de alcanzar este objetivo, ha aceptado también incrementar desde el 6% al 12% su proporción de energías renovables para el año 2010.

Los países firmantes de Kioto están negociando actualmente la segunda fase del acuerdo, que cubre el período de 2013 a 2017. Durante este tiempo los países industrializados necesitan reducir un 18% sus emisiones de CO<sub>2</sub> en relación con el nivel que existía en 1990, y hasta 30% entre 2018 y 2022. Sólo con estos recortes tendremos alguna posibilidad razonable de que el aumento de temperatura media global no supere los dos grados centígrados, a partir del cual los efectos del cambio climático serían catastróficos.

Junto con el calentamiento global, existen también otros retos que se han vuelto urgentes. La demanda mundial de energía está creciendo a un ritmo asombroso. La excesiva dependencia de las importaciones energéticas de unos pocos países, en muchos casos políticamente inestables, y los precios volátiles del petróleo y del gas han colocado la seguridad del suministro energético en primera plana en la agenda política, amenazando a la vez con infligir un drenaje masivo en la economía global. Y si bien es cierto que existe un amplio consenso en el sentido de que necesitamos cambiar la forma de producir y consumir energía, existe aún un gran desacuerdo en el método para realizarlo.

## el escenario energético global

El Consejo Europeo de Energía Renovable (EREC) y Greenpeace Internacional han producido este escenario energético global como un proyecto práctico para alcanzar urgentemente los objetivos de reducción de CO<sub>2</sub> y

**imagen** PRIMERA CENTRAL  
GEOTÉRMICA A PRODUCIR  
ELECTRICIDAD EN ALEMANIA.  
TRABAJADOR EN LA SALA DE FILTRADO



garantizar un suministro energético asequible basado en un desarrollo económico sostenible en el mundo, dos objetivos muy importantes que es posible alcanzar a la vez. La necesidad urgente de cambio en el sector energético significa que el escenario se basa únicamente en tecnologías sostenibles y de probado rendimiento, como las fuentes de energías renovables y la cogeneración eficiente descentralizada, razón por la que se excluyen las centrales térmicas de "carbón limpio" y la energía nuclear.

Encargado por Greenpeace y el EREC al Departamento de Systems Analysis and Technology Assessment (Institute of Technical Thermodynamics) del Centro Aeroespacial Alemán (DLR), el informe desarrolla una ruta energética global sostenible hacia 2050. Se ha evaluado el potencial futuro de las fuentes de energías renovables con información procedente de todos los sectores de la industria de las energías renovables de todo el mundo, y forma la base del escenario de una [R]evolución Energética.

Los escenarios de suministro energético adoptados en este informe, que van más allá y mejoran las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía, han sido calculados utilizando el modelo de simulación MESAP/PlaNet, desarrollado aún más exhaustivamente por la consultora Ecofys a fin de tener en cuenta el potencial futuro de las medidas de eficiencia energética. El estudio de Ecofys prevé una vía de desarrollo ambiciosa para la explotación del potencial de eficiencia energética, enfocándose en mejorar las prácticas actuales y en tecnologías disponibles en el futuro. El resultado es que bajo el escenario de Revolución Energética, puede reducirse un 47% la demanda energética final en el mundo para 2050.

## el potencial de las energías renovables

En este informe se demuestra que las energías renovables no representan un sueño futuro, sino que son reales, están maduras y pueden utilizarse a gran escala. Décadas de progresos tecnológicos han contemplado cómo tecnologías renovables tales como las turbinas eólicas, los paneles fotovoltaicos solares, las centrales de biomasa y los colectores térmicos solares adquirirían cada vez mayor protagonismo. El mercado global de las energías renovables está experimentando un gran crecimiento; con una facturación, en 2006, de 38 mil millones de dólares, un 26% superior a la del año anterior.

El plazo para pasar del uso de combustibles fósiles a energías renovables es aún relativamente corto. Durante la próxima década, la mayoría de las centrales térmicas existentes en los países de la OCDE alcanzarán el fin de su periodo de vida técnico y deberán ser reemplazadas, pero construir hoy día una central térmica de carbón provocaría la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> que durarían hasta 2050. Por ello, cualquier plan elaborado por las compañías energéticas durante los próximos años será decisivo para definir el suministro energético de la próxima generación. Nosotros creemos firmemente que ésta debería ser la "generación solar".

El mundo industrializado debe replantearse urgentemente su estrategia energética, y los países en vías de desarrollo deben aprender de errores pasados y construir sus economías sobre una base sólida de suministro de energía sostenible. Deberá crearse una nueva infraestructura a fin de hacer realidad este proyecto.

Las energías renovables podrían contribuir hasta el 35% de las necesidades energéticas mundiales para el año 2030, siempre que exista consenso político para promover su desarrollo a gran escala en todos los sectores a nivel global y que se establezcan medidas de eficiencia energética de largo alcance. En este informe se hace hincapié en el hecho de que el futuro del desarrollo de las

energías renovables dependerá en gran medida de elecciones políticas tanto de mandatarios individuales como de la comunidad internacional.

Al elegir energía renovable y eficiencia energética, los países en vías de desarrollo pueden estabilizar prácticamente sus emisiones de CO<sub>2</sub>, incrementando a la vez el consumo energético como consecuencia de su crecimiento económico. Los países de la OCDE deberán reducir sus emisiones hasta un 80%.

Para hacer realidad este proyecto no es necesario "congelarse en la oscuridad". Unos estándares técnicos estrictos garantizarán la venta únicamente de aquellos frigoríficos, sistemas calefactores, ordenadores y vehículos más eficientes. Los consumidores tienen derecho a adquirir productos que no incrementen sus facturas energéticas y no destruyan el clima.

## del sueño a la realidad

Este informe muestra que un escenario de continuidad, basado en las proyecciones del estudio World Energy Outlook de la AIE, no es una opción viable para generaciones futuras. Las emisiones de CO<sub>2</sub> casi se doblarán para 2050 y la temperatura media global sufrirá una subida de más de 2°C. Todo esto tendrá consecuencias catastróficas para el medio ambiente, la economía y la sociedad.

Por estas razones pedimos a los responsables de todo el mundo que hagan realidad este sueño. Las opciones políticas de los próximos años determinarán la situación económica y medioambiental durante muchas décadas en el futuro. El mundo no se puede permitir quedarse en la ruta del desarrollo energético 'convencional', perpetrando su dependencia del uso de combustibles fósiles, de la energía nuclear y otras tecnologías obsoletas. Las energías renovables pueden y deben tener un papel importante en el futuro energético del mundo.

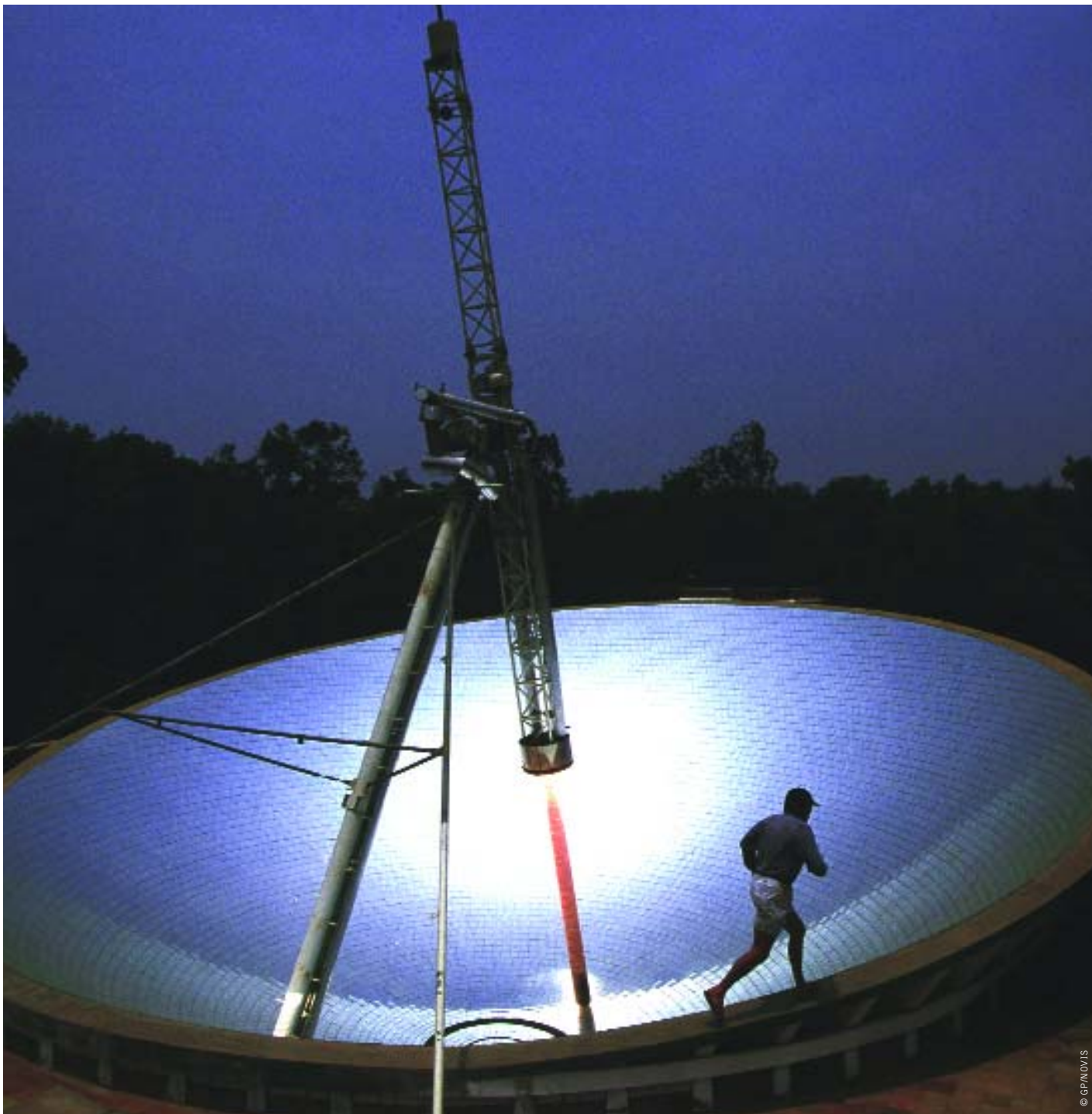
En beneficio del medio ambiente, de una estabilidad política y de economías potentes, ahora es el momento de cambiar a un futuro energético sostenible y realmente seguro – un futuro construido sobre tecnologías limpias, el desarrollo económico y la creación de millones de nuevos puestos de trabajo.

**Artouros Zervos**  
CONSEJO EUROPEO DE  
ENERGÍAS RENOVABLES (EREC)  
ENERO DE 2007

**Sven Teske**  
UNIDAD DE ENERGÍA Y CLIMA  
GREENPEACE INTERNACIONAL

## resumen ejecutivo

“LAS RESERVAS DE ENERGÍAS RENOVABLES TÉCNICAMENTE ACCESIBLES A NIVEL GLOBAL, SON SUFICIENTES PARA ABASTECER SEIS VECES MÁS ENERGÍA DE LA QUE EL MUNDO CONSUME ACTUALMENTE – PARA SIEMPRE”.



**imagen** HOMBRE QUE CORRE SOBRE EL BORDE DEL DISCO SOLAR UBICADO ENCIMA DE LA COCINA SOLAR DE AUROVILLE, TALM NADU, INDIA. EL DISCO SOLAR CAPTURA BASTANTE ENERGÍA SOLAR PARA GENERAR CALOR PARA COCINAR PARA 2000 PERSONAS AL DÍA. EL PUEBLO DE AUROVILLE FUE FUNDADO EN 1968 POR PERSONAS DE 100 NACIONALIDADES DIFERENTES. AUROVILLE SE CONCENTRA EN ACTIVIDADES COMO LA REGENERACIÓN MEDIO AMBIENTAL, LA GANADERÍA Y AGRICULTURA ECOLÓGICAS, ENERGÍAS ALTERNATIVAS, DESARROLLO DEL PUEBLO, TEATRO, MÚSICA Y ARTE.

**imagen** CENTRAL CERCA DE REYKJAVIK, PRODUCE ENERGÍA A PARTIR DE LA ACTIVIDAD GEOTÉRMICA. NOROESTE DE ISLANDIA.



## amenazas al clima y soluciones

El cambio climático global, provocado por la implacable acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre, está ya afectando a ecosistemas y provocando unas 150.000 muertes adicionales cada año<sup>a</sup>. Un calentamiento global medio de 2°C es una amenaza para millones de personas que conlleva un riesgo creciente de hambre, malaria, inundaciones y sequías. Si se debe mantener el aumento de la temperatura dentro de unos límites aceptables, debemos reducir de manera considerable nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, un hecho que tiene sentido tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido por el uso de combustibles fósiles para energía y transporte.

Acuciada por los recientes aumentos del precio del petróleo, la seguridad en el suministro se ha convertido en el tema más importante de la agenda política en materia de energía. Una de las razones de este aumento de precios es el hecho de que los suministros de todos los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) están siendo cada vez más escasos y su producción más costosa<sup>b</sup>. Los días de "petróleo y gas barato" están llegando a su fin. El uranio, el combustible de la energía nuclear, es también un recurso finito. Por otra parte, las reservas de renovables técnicamente accesibles en todo el mundo son suficientemente grandes como para poder proporcionar hasta seis veces más de la energía que consume actualmente el mundo – para siempre<sup>c</sup>.

La madurez técnica y económica de las tecnologías de energías renovables varía de unas a otras, pero son unas fuentes que ofrecen opciones cada vez más atractivas. Estas fuentes incluyen la energía eólica, la biomasa, la fotovoltaica, la termosolar, la geotérmica, la de las olas y la hidroeléctrica. Todas ellas tienen algo en común: producen cantidades muy pequeñas o ninguna cantidad de gases de efecto invernadero, y se basan en fuentes naturales prácticamente inextinguibles como "combustible". Algunas de estas tecnologías son ya competitivas y sus economías mejorarán aún más al desarrollarse técnicamente. Además, la escalada de precios de los combustibles fósiles y el ahorro de las tecnologías limpias en emisiones de dióxido de carbono están teniendo un valor monetario.

A la vez, existe un enorme potencial para reducir nuestro consumo energético, ofreciendo el mismo nivel de 'servicios' energéticos. En este estudio se detalla una serie de medidas de eficiencia energética que pueden reducir de manera importante la demanda en la industria, los hogares, oficinas y servicios.

Aunque la energía nuclear produce muy poco dióxido de carbono, su operación presenta grandes amenazas para el ser humano y para el medio ambiente, como los riesgos y daños medioambientales provocados por las minas de uranio, su procesamiento y transporte, el peligro de la proliferación de armamento nuclear, el problema no resuelto de los residuos radiactivos y el riesgo potencial que conlleva un accidente grave. Por estas razones la opción nuclear queda excluida de este análisis. La solución para nuestras necesidades energéticas futuras estriba, por ello, en un mayor uso de fuentes de energías renovables para la generación de calor y electricidad.

### fuentes

**a** KOVATS, R.S., Y HAINES, A., "GLOBAL CLIMATE AND HEALTH: RECENT FINDINGS AND FUTURE STEPS" CMAJ [CANADIAN MEDICAL ASSOCIATION JOURNAL] 10 FEB. 15, 2005; 172 (4).

**b** PLUGGING THE GAP, RES/GWEC 2006

**c** DR NITSCH ET AL.

## la [r]evolución energética

El imperativo de cambio climático exige por lo menos una revolución energética. La piedra angular de esta revolución será un cambio en la forma de producción de la energía, su distribución y consumo. Los cinco principios clave que subyacen tras este cambio serán:

- Puesta en práctica de soluciones renovables, especialmente con sistemas energéticos descentralizados.
- Respeto de los límites naturales del medio ambiente.
- Desmantelamiento de fuentes de energía sucia y no sostenible.
- Creación de una mayor equidad en el uso de los recursos.
- Desacoplamiento del crecimiento económico del consumo de los combustibles fósiles.

Los sistemas descentralizados de energía, donde se producen electricidad y calor cerca del punto de uso final, evitan el derroche actual de energía durante su conversión y distribución. Estos serán el centro de la [R]evolución Energética, como también lo será la necesidad de proporcionar electricidad a los dos mil millones de habitantes del mundo que todavía tienen denegado el acceso a ella.

En este informe se estudian dos escenarios para 2050. El escenario de referencia se basa en el escenario de referencia publicado por la Agencia Internacional de la Energía en el World Energy Outlook 2004, extrapolado a partir de 2030. Comparado con las proyecciones de la AIE de 2004, en el nuevo World Energy Outlook 2006 (WEO 2006) se asume una ligera tasa de crecimiento medio anual del PIB mundial de un 3,4%, en lugar del 3,2%, para el periodo 2004-2030. A la vez, según el WEO 2006, en 2030 se espera un consumo final de energía un 4% superior al del WEO 2004. Un análisis sobre el impacto del crecimiento económico en la demanda energética bajo el Escenario de [R]evolución Energética muestra que un aumento del PIB mundial medio de 0,1% (en un periodo de 2003-2050) provoca un incremento en la demanda energética final del orden del 0,2%.

El Escenario de [R]evolución Energética ofrece un objetivo de reducción de las emisiones en el mundo del 50% en comparación con los niveles de 1990 para el año 2050, con una reducción de las emisiones de dióxido de carbono per cápita a menos de 1,3 toneladas por año para que el aumento de la temperatura global no supere los 2°C. Un segundo objetivo es el desmantelamiento de las centrales nucleares. Para lograr estos objetivos, el escenario resalta los importantes esfuerzos que habrá que realizar para explotar plenamente el gran potencial de la eficiencia energética. Al mismo tiempo, todas las fuentes rentables de energías renovables pueden ser utilizadas para la generación de calor y de electricidad, así como producción de biocombustibles.

Hoy día las fuentes de energías renovables suponen el 13% de la demanda energética primaria mundial. La biomasa, utilizada principalmente para calentamiento, es la fuente de energía renovable más importante. La cuota de energías renovables en la generación de electricidad es del 18%, mientras que la contribución al suministro térmico de las energías renovables es de un 26%. Alrededor del 80% del suministro de energía primaria proviene aún de los combustibles fósiles, y el 7% restante de la energía nuclear.

El Escenario de [R]evolución Energética describe una ruta de desarrollo que transforma la situación actual en un suministro energético sostenible.

- Para 2050, la explotación del gran potencial de eficiencia energética reducirá la demanda de energías primarias de la cifra actual de 435.000 PJ/a (Peta

Julios por año) a 410.000 PJ/a. Bajo el escenario de referencia se incrementaría hasta 810.000 PJ/a. Esta fuerte reducción es un requisito previo crucial para conseguir una cuota importante de fuentes de energía renovable, que compensaría el desmantelamiento de las nucleares y reduciría el consumo de combustibles fósiles.

- El mayor uso de unidades de cogeneración de calor y electricidad mejora también la eficiencia de conversión energética del sistema de suministro, utilizando cada vez más gas natural y biomasa. A largo plazo, la disminución de la demanda de calor y el gran potencial para producir calor directamente a partir de fuentes de energías renovables limita la expansión de las unidades de cogeneración de calor y electricidad.
- El sector eléctrico será pionero en el uso de energías renovables. Para el año 2050, alrededor del 70% de la electricidad se producirá a partir de fuentes de energías renovables, incluyendo las grandes centrales hidráulicas. En 2050, una capacidad instalada de 7.100 GW producirá 21.400 Terawatios hora por año (TWh/a) de electricidad.
- En el sector del suministro térmico, la contribución de las renovables aumentará hasta el 65% para el año 2050. Los combustibles fósiles serán reemplazados paulatinamente por tecnologías modernas más eficientes, especialmente la biomasa, los colectores solares y la geotérmica.
- Antes de que los biocombustibles puedan jugar un papel importante en el sector de los transportes, habrá que explotar los grandes potenciales de eficiencia existentes. En este informe se dedica la biomasa principalmente a aplicaciones estacionarias; el uso de biocombustibles para el transporte se ve limitado por la disponibilidad de biomasa de cultivos sostenibles.
- Para el año 2050, la mitad de la demanda de energía primaria será cubierta por fuentes de energía renovable.

Con el fin de lograr un crecimiento atractivo desde el punto de vista económico de las fuentes de energía renovable, resulta de gran importancia una oportuna movilización equilibrada de todas las tecnologías renovables, algo que depende de potenciales técnicos, costes reales, potenciales de reducción de costes y madurez tecnológica.

### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Mientras que bajo el escenario de referencia, para el año 2050 se producirá una subida a casi el doble de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo –alejándose de una vía de desarrollo sostenible– bajo el Escenario de [R]evolución Energética

las emisiones disminuirán de 23.000 millones de toneladas en 2003 a 12.000 millones de toneladas en 2050. Se producirá una caída de las emisiones anuales per cápita de 4,0 t a 1,3 t. A pesar del desmantelamiento de las centrales nucleares y del aumento de la demanda de electricidad, se producirá una disminución importante de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico. A largo plazo, las mejoras en eficiencia y el mayor uso de biocombustibles reducirán aún más las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector de transportes. Con una cuota del 36% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> en 2050, el sector eléctrico se alejará aún más del sector de transportes que representará la principal fuente de emisiones.

### costes

Como consecuencia de la creciente demanda de electricidad, nos enfrentamos a un crecimiento realmente importante del gasto social en suministro eléctrico. Bajo el escenario de referencia, el constante crecimiento de la demanda, el aumento de los precios de los combustibles fósiles y los costes que conllevan las emisiones de CO<sub>2</sub> producirán una subida de los costes de suministro eléctrico de la cifra actual de 1.130 mil millones de dólares por año a más de 4.300 mil millones de dólares por año en 2050. El Escenario de [R]evolución Energética no sólo cumple con los objetivos globales de reducción de CO<sub>2</sub>, también ayuda a estabilizar los costes energéticos y a aligerar la presión económica sobre la sociedad. El aumento de la eficiencia energética y el cambio paulatino del suministro de energía a recursos energéticos renovables hacen que, a largo plazo, los costes del suministro de electricidad sean un tercio menores que en el escenario de referencia. Parece obvio que el cumplimiento de objetivos medioambientales rigurosos en el sector energético reporta también beneficios en términos económicos.

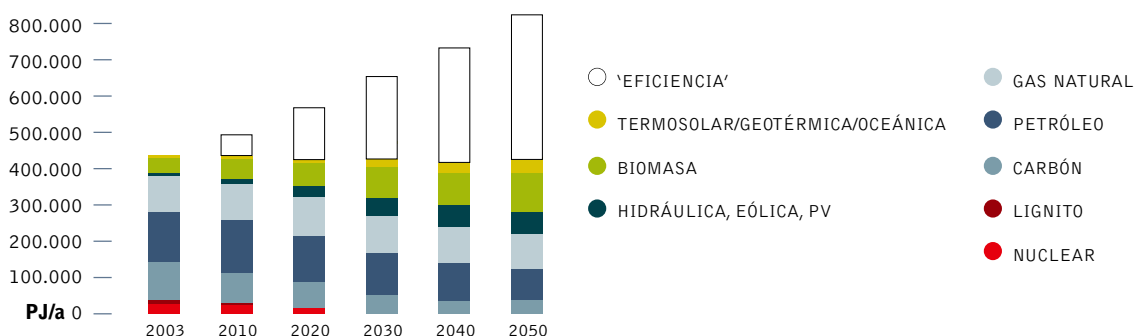
### para hacer realidad la [r]evolución energética y evitar los peligros del cambio climático, Greenpeace exige al sector energético:

Poner fin a todas las subvenciones de combustibles fósiles y energía nuclear e internalizar los costes externos

- Establecer objetivos de obligado cumplimiento para las energías renovables.
- Proveer de beneficios definidos y estables a los inversores.
- Acceso prioritario garantizado a la red para los generadores renovables.
- Una normativa estricta de eficiencia para el consumo energético de todos los electrodomésticos, edificios y vehículos.

figura 1: desarrollo del consumo de energía primaria bajo el escenario de [r]evolución energética

(‘EFICIENCIA’ = REDUCCIÓN COMPARADO CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)





# protección del clima

“SI NO SE TOMAN MEDIDAS URGENTES E INMEDIATAS PARA PARAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL, LOS DAÑOS SERÁN IRREVERSIBLES”



imágenes 1 y 2. FOTO ORIGINAL TOMADA EN 1928 DEL GLACIAR DE UPSALA, PATAGONIA, ARGENTINA COMPARADA CON EL RETROCESO ACTUAL DEL GLACIAR

## efecto invernadero y cambio climático

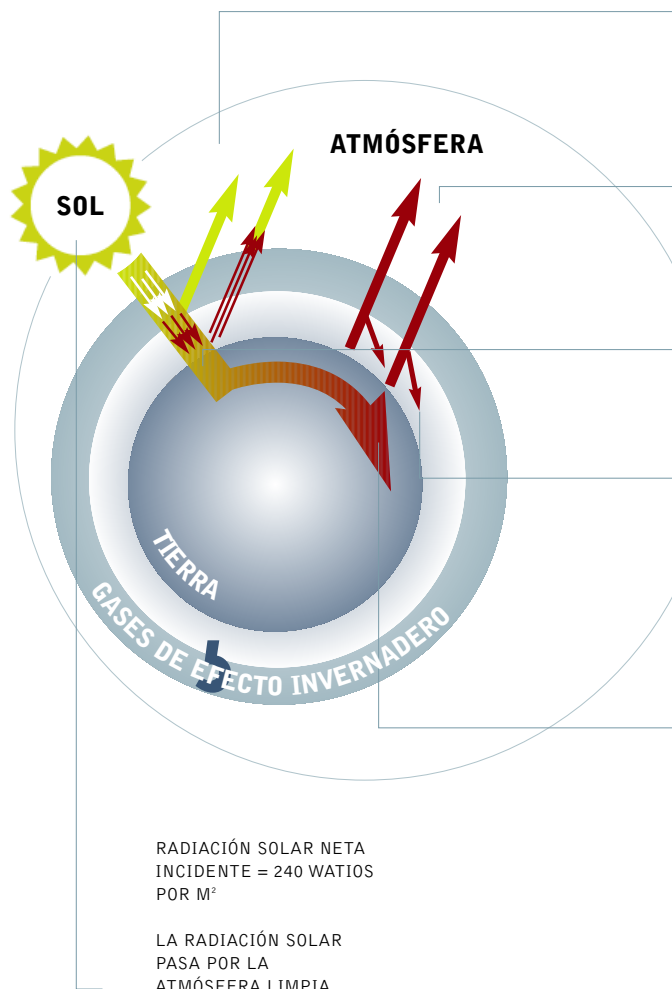
El efecto invernadero es el proceso por el cual la atmósfera atrapa parte de la energía solar, calentando la Tierra y moderando nuestro clima. Un aumento de los 'gases de efecto invernadero' provocado por el hombre está aumentando artificialmente este efecto, elevando las temperaturas globales y afectando a nuestro clima. Estos gases de efecto invernadero incluyen el dióxido de carbono, producido por la combustión de combustibles fósiles y la deforestación, el metano, liberado por acción de la agricultura, por animales y vertederos, y el óxido nítrico, provocado por la producción agrícola más una variedad de industrias químicas.

Cada día dañamos nuestro clima utilizando combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) para energía y transporte. Como resultado, el cambio climático

está ya afectando a nuestras vidas y se espera que destruya el medio de vida de muchas personas en los países en vías de desarrollo, ecosistemas y especies en las próximas décadas. Por esta razón debemos reducir de manera importante nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, una medida importante tanto desde el punto de vista medioambiental como económico.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el foro de expertos de las Naciones Unidas, se espera un incremento de la temperatura mundial durante los próximos cien años de hasta 5,8° Celsius, un aumento mucho más rápido que el experimentado hasta ahora en la historia de la humanidad. El objetivo de la política del clima debería ser el mantenimiento de la subida de la temperatura global en menos de 2°C por encima de los niveles de la era pre-industrial. A una subida de 2°C y superior se producirá un aumento dramático de los daños a los ecosistemas y de desastres. Contamos

figura 2: el efecto invernadero



PARTE DE LA RADIACIÓN SOLAR ES REFLEJADA POR LA ATMÓSFERA Y POR LA SUPERFICIE TERRESTRE

PARTE DE LA RADIACIÓN INFRAROJA PASA A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA Y SE PIERDE EN EL ESPACIO

LA SUPERFICIE GANA MÁS CALOR Y VUELVE A EMITIR RADIACIÓN INFRAROJA

LAS MOLÉCULAS DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO ABSORBEN PARTE DE LOS INFRARROJOS Y LOS REEMITEN. EL EFECTO DIRECTO ES EL CALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE Y DE LA TROPOSFERA

LA SUPERFICIE DE LA TIERRA ABSORBE LOS RAYOS SOLARES QUE LA CALIENTAN...

Y SE CONVIERTEN EN CALOR QUE CAUSANDO LA EMISIÓN DE RADIACIÓN DE GRAN LONGITUD DE ONDA [INFRARROJOS] DE VUELTA A LA ATMÓSFERA

tabla 1: los 10 años más cálidos entre 1850 y 2005

EN COMPARACIÓN CON LA TEMPERATURA MEDIA ENTRE 1880 Y 2005

AÑO	ANOMALÍA EN LA TEMPERATURA GLOBAL	CLASIFICACIÓN GLOBAL
1998, 2005	+0,63°C	1
2003	+0,56°C	2 (tie)
2002	+0,56°C	2 (tie)
2004	+0,54°C	4
2001	+0,51°C	5
1997	+0,47°C	6
1995	+0,40°C	7 (tie)
1990	+0,40°C	7 (tie)
1999	+0,38°C	9
2000	+0,37°C	10

fUENTE NATIONAL CLIMATIC DATA CENTER



con muy poco tiempo para poder cambiar nuestro sistema energético y alcanzar estos objetivos, lo que significa que las emisiones globales tendrán que comenzar a bajar como muy tarde a finales de la próxima década.

El cambio climático está ya afectando a la gente y a los ecosistemas. Puede apreciarse ya en la desintegración de los casquetes polares, el deshielo del permafrost (redoma), la desaparición de los arrecifes de coral, la subida de los niveles del mar y el aumento de las olas de calor. No son sólo los científicos los que asisten a estos cambios. Desde los Inuit de las tierras del norte hasta los isleños de áreas cercanas al ecuador, todos están sufriendo ya los impactos del cambio climático. Un aumento del calentamiento global de 2°C amenaza a millones de personas con un aumento de problemas como el hambre, la malaria, las inundaciones y las sequías.

Nunca antes se había enfrentado la humanidad a una crisis medioambiental tan inmensa. Si no tomamos medidas urgentes e inmediatas para detener el calentamiento global, sus daños podrían llegar a ser irreversibles, y esto sólo puede acometerse con una rápida reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

### Estos son sólo algunos de los posibles efectos si permitimos que continúen las tendencias actuales:

#### efectos probables de un calentamiento de pequeño a moderado

- Subida del nivel del mar debido al deshielo de los glaciares y a la expansión térmica de los océanos como consecuencia del aumento de las temperaturas.

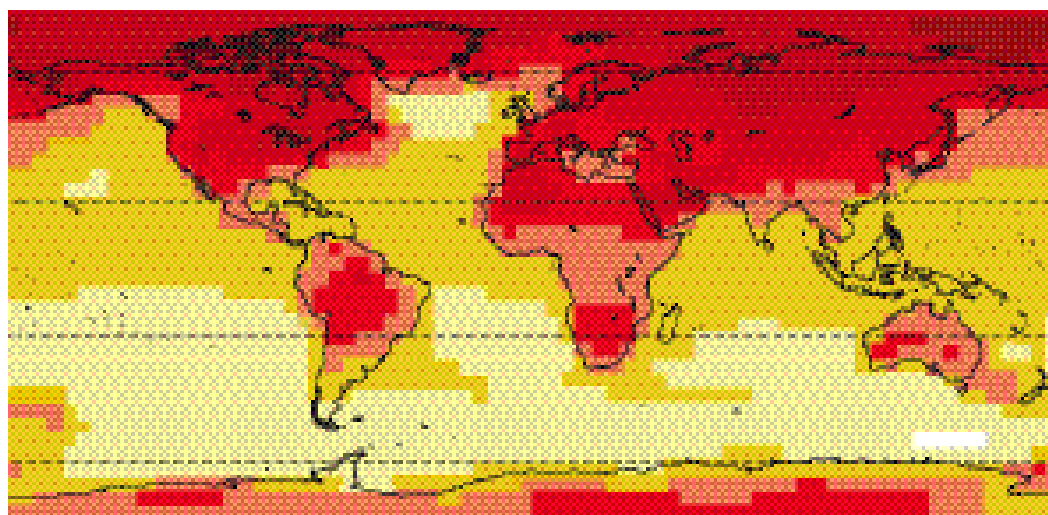
- Liberaciones masivas de gases de efecto invernadero provocadas por el deshielo del permafrost y la desaparición de los bosques.
- Un alto riesgo de aumento de eventos climáticos extremos como olas de calor, sequías e inundaciones. Durante los últimos 30 años se ha doblado ya la incidencia global de las sequías.
- Importantes impactos a nivel regional. En Europa se producirá un incremento del desbordar de los ríos, de las inundaciones costeras, la erosión y la pérdida de los humedales. Las inundaciones afectarán también en gran medida a las zonas costeras de baja altitud de países en vías de desarrollo como Bangladesh y el Sur de China.
- Se verán amenazados sistemas naturales como glaciares, arrecifes de coral, manglares, ecosistemas alpinos, bosques boreales, bosques tropicales, humedales de llanuras y praderas nativas.
- Riesgos crecientes de extinción de especies y pérdida de biodiversidad.
- Los mayores impactos se dejarán sentir en los países más pobres del África Subsahariana, Sur de Asia, Sureste asiático, Andinos y Sudamérica, así como en las pequeñas islas con menor capacidad de protección ante el aumento de las sequías y la subida del nivel del mar, el aumento de enfermedades y la caída de la producción agrícola.

#### efectos catastróficos a más largo plazo

- El calentamiento provocado por las emisiones puede disparar el debilitamiento irreversible de la capa de hielo de Groenlandia, cuyas

**figura 3: distribución de la temperatura media superficial para un incremento global de la temperatura de 2°C**

+2°C MEDIA



**nota** SE HA UTILIZADO EL MISMO MÉTODO DE ESCALA DE MODELO LINEAL QUE EL DEL MODELO SCENGEN (WIGLEY ET AL.). EL MAPA MUESTRA LA MEDIA DEL CONJUNTO DE MODELOS POR DEFECTO DENOMINADOS, CSM (1998), ECHAM3 (1995), ECHAM4 (1998), GFDL (1990), HADAM2 (1995), HADAM3 (2000). EL MAPA HA SIDO ELABORADO PARA UN INCREMENTO DE TEMPERATURA DE 2°C SOBRE LOS NIVELES DE 1990 EN UNA SERIE TRANSITORIA CON EL ESCENARIO DE EMISIONES IPCC SRES B2. OBSERVE QUE EL PATRÓN DE LA TEMPERATURA DE EQUILIBRIO PARA UN INCREMENTO DE 2°C RESPECTO DE LOS NIVELES PREINDUSTRIALES SERÁ CUANTITATIVAMENTE DIFERENTE AUNQUE SIMILAR DESDE EL PUNTO DE VISTA CUALITATIVO.  
© MALTE.MEINSHAUSEN@ENV.ETHZ.CH;  
ETH ZÜRICH 2004



**imágenes 1.** EL PESCADOR DE OSTRAS IOAN MIOC EN LA ALDEA DE BURAS VUELVE 21 DÍAS DESPUÉS DEL PASO DEL HURACÁN KATRINA ENCONTRANDO SU CASA, COMO MUCHOS OTROS NATIVOS, DESTRUIDA Y PARCIALMENTE SUMERGIDA EN EL LODO Y LAS AGUAS CONTAMINADAS. **2.** FAMILIA CONSTRUYENDO UN MURO CON SACOS DE ARENA EN UN INTENTO DE PROTEGER SU PROPIEDAD CONTRA LAS OLAS INUSUALMENTE GRANDES. GREENPEACE Y LA COMUNIDAD CIENTÍFICA ESTÁN PREOCUPADOS POR LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN DE LAS ISLAS POR LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO. **3.** 30 DE OCTUBRE DE 2006 - NONTHABURI, TAILANDIA – ALDEANOS REMANDO EN UNA BARCA EN UNA ALDEA DE LA ISLA DE KOH KRED, AFECTADA POR UNA RECIENTE INUNDACIÓN. KOH KRED ES UNA PEQUEÑA ISLA EN EL RÍO CHAO PHRAYA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE NONTHABURI CERCA DE BANGKOK. **4.** DURANTE LOS PRIMEROS MESES DEL AÑO, LOS CIENTÍFICOS ADVIRTIERON QUE TAILANDIA SUFRIRÍA UN AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS DEBIDO A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. **5.** MILES DE PECES MUEREN EN EL RÍO SECO DE MANAQUIRI LAKE, A 150 KILÓMETROS DEL ESTADO AMAZÓNICO DE CAPITOL MANAUS, BRASIL.

consecuencias serán la subida de hasta siete metros del nivel del mar durante muchos siglos. Se ha constatado también un ritmo creciente en la liberación de hielo desde la Antártida, revelando un alto riesgo de fusión.

- Una ralentización, un desplazamiento o la desaparición de la Corriente del Golfo Atlántico tendrán unos efectos dramáticos en Europa y afectarán al entero sistema de circulación oceánica.
- Las importantes liberaciones de gas metano como consecuencia del deshielo del permafrost y desde los océanos provocarán un aumento del gas en la atmósfera y, consiguientemente, del calentamiento global.

## el Protocolo de Kyoto

En reconocimiento de estas amenazas, los países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992, firmaron el Protocolo de Kyoto en 1997. El Protocolo de Kyoto entró en vigor a principios de 2005 y sus 165 países miembros celebran reuniones semestrales con el fin de negociar acuerdos más precisos en materia de medio ambiente. Sólo dos de los países industrializados más importantes, Estados Unidos y Australia, han quedado fuera al no ratificarlo.

El Protocolo de Kyoto obliga a los países firmantes a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en el periodo 2008-2012 en un 5,2% de media anual, en relación con el nivel base de 1990. A su vez esto ha permitido la adopción de una serie de medidas de reducción a nivel regional y nacional. Por ejemplo, en el ámbito de la Unión Europea, Bruselas propone lograr una reducción total de un 8%, y a fin de lograr este objetivo, la UE ha aceptado también el compromiso de aumentar su proporción de energía renovable del 6% actual al 12% para el año 2010.

Actualmente los países firmantes de Kyoto están negociando la segunda fase del acuerdo, que cubrirá el periodo 2013-2017. Greenpeace pide a los países industrializados una reducción del 18% de las emisiones en relación con los niveles de 1990 para este segundo periodo de compromiso, y un 30% para el tercer periodo de 2018-2022. Sólo con estos recortes tendremos alguna posibilidad razonable de alcanzar el objetivo de 2°C.

La arquitectura del Protocolo de Kyoto se basa fundamentalmente en medidas de reducción de emisiones de obligado cumplimiento. Para lograr estos objetivos se ha convertido el carbono en un producto que puede ser comercializado para, con ello, estimular las reducciones de emisiones más eficientes desde el punto de vista económico y potenciar, a su vez, las inversiones necesarias en tecnologías limpias por parte del sector privado con el fin de revolucionar el suministro energético. Pero, debido a la demora en la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto tras la retirada de EEUU a comienzos de 2001, los negociadores se están quedando sin tiempo. Este año será crucial debido a que, en la próxima reunión de diciembre de 2007 que se celebrará en Indonesia, los países deben firmar un mandato de negociación firme para que pueda acordarse el segundo periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto en 2008 ó 2009 como muy tarde. Esto es algo necesario para que haya tiempo para su ratificación y para que los gobiernos pongan en práctica las políticas y medidas necesarias para la siguiente etapa de reducción de emisiones.

# amenazas nucleares

“EL RIESGO DE ACCIDENTES NUCLEARES, LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ALTAMENTE RADIATIVOS Y LA PROLIFERACIÓN DE ARMAMENTO NUCLEAR SON SÓLO UNAS DE LAS RAZONES POR LAS CUALES ES INDISPENSABLE EL ABANDONO DE LA ENERGÍA NUCLEAR”

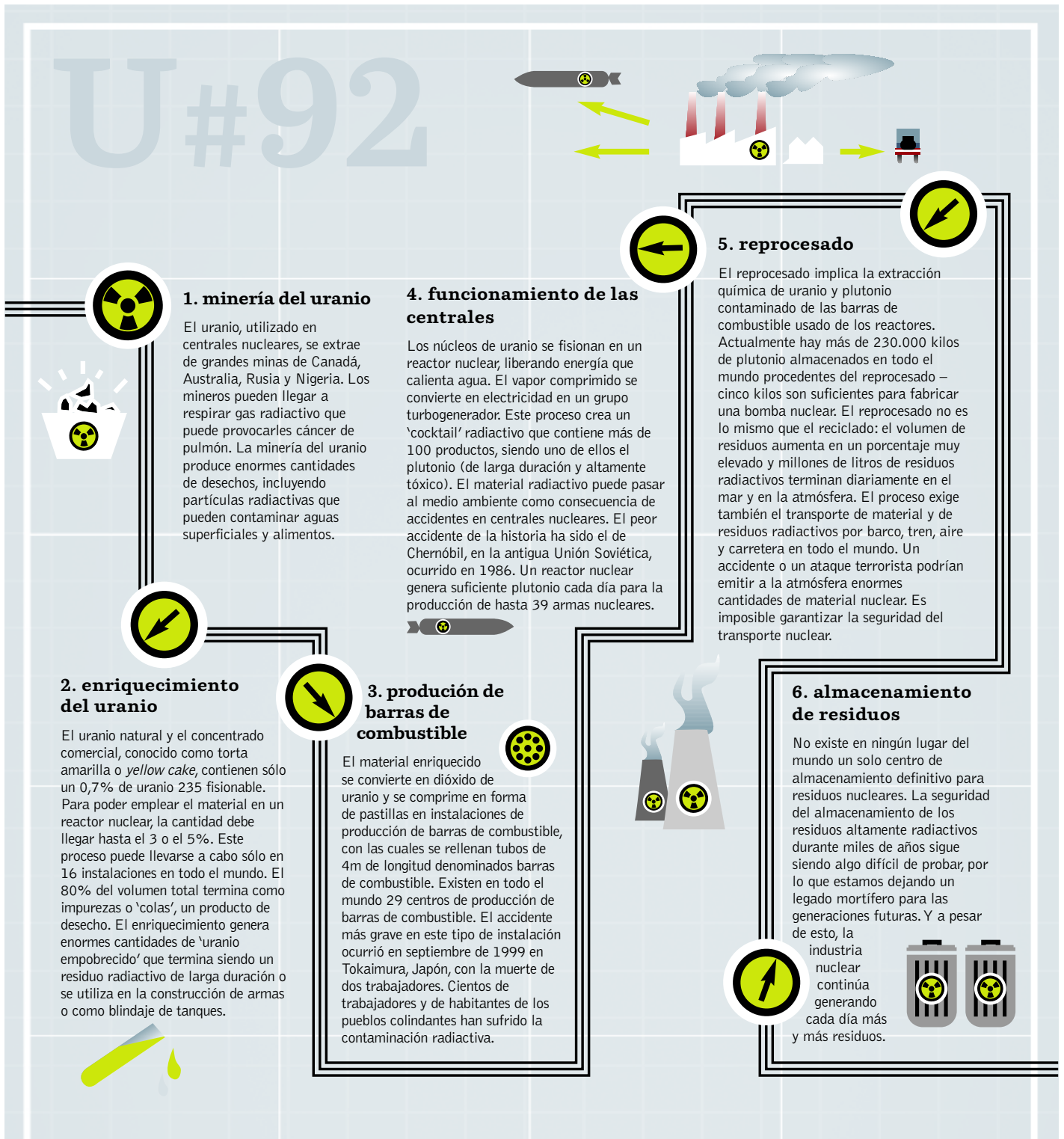


imagen CENTRAL NUCLEAR DE CHERNÓBIL, UCRANIA.

**imagen** IRAK JUNIO DE 2003. ACTIVISTAS DE GREENPEACE TOMARON MEDIDAS DE RADIOACTIVIDAD FUERA DE LA ESCUELA PARA NIÑAS DE AL-MAJIDAT (900 ALUMNAS), CERCA DE LA INSTALACIÓN NUCLEAR DE AL-TOUWAITHA. AL REVELAR NIVELES DE RADIOACTIVIDAD 3000 VECES SUPERIORES QUE LA RADIOACTIVIDAD DE FONDO, ACORDONARON LA ZONA.



figura 4: el resto de las amenazas nucleares – desde la minería al almacenamiento de los residuos



## amenazas nucleares

Aunque la generación de electricidad en centrales nucleares produce mucho menos dióxido de carbono que los combustibles fósiles, los riesgos para la gente y para el medio ambiente que conlleva su funcionamiento son múltiples.

Los principales peligros son:

- La proliferación nuclear.
- Los residuos nucleares.
- Los riesgos para la seguridad.

Todos ellos explican las razones por las que queda descartada la energía nuclear como tecnología futura en el Escenario de [R]evolución Energética.

## la proliferación nuclear

Para la fabricación de una bomba nuclear se requiere material fisible (uranio 235 o plutonio 239). La mayoría de los reactores nucleares utilizan uranio como combustible y producen plutonio durante su operación. Es imposible proteger adecuadamente una planta de reprocesado de gran tamaño para evitar el desvío de plutonio para su uso en armamento nuclear. Una central de separación de plutonio pequeña puede ser construida en un periodo de cuatro a seis meses, por lo que cualquier país con un reactor ordinario puede producir con relativa facilidad y rapidez armas nucleares.

Como resultado de ello, la energía nuclear ha crecido pareja a la creación de armamento nuclear, como dos hermanos siameses. Desde que se iniciaron los controles internacionales sobre la proliferación nuclear, Israel, India, Pakistán y Corea del Norte han fabricado armas nucleares, lo cual es una prueba del vínculo entre la energía nuclear para fines civiles y militares. Tanto la Agencia Internacional para la Energía Atómica (AIEA) como el Tratado de No Proliferación Nuclear (NPT) contemplan una contradicción inherente: buscan promover el desarrollo de la energía nuclear para fines 'pacíficos' intentando, a la vez, frenar la proliferación del armamento nuclear.

Israel, India y Pakistán emplearon sus operaciones nucleares civiles para el desarrollo de su capacidad armamentística, actuando al margen de las garantías internacionales. Corea del Norte desarrolló un arma nuclear aún siendo país firmante del NPT. Uno de los retos más importantes a los controles de proliferación nuclear ha sido la propagación de la tecnología de enriquecimiento de uranio en Irán, Libia y Corea del Norte. Según el Director General de la Agencia Internacional de la Energía Atómica, Mohamed ElBaradei, "si algún país con una capacidad totalmente desarrollada de ciclo de combustible decide por cualquier motivo romper sus compromisos de no proliferación, según la mayoría de los expertos, podría producir un arma nuclear en cuestión de meses".

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas ha advertido también que la amenaza a la seguridad que supone atajar el cambio climático con un programa global de reactores rápidos (utilizando combustible de plutonio) "sería colosal". Incluso sin reactores rápidos, todos los diseños de reactores promovidos actualmente en todo el mundo podrían ser alimentados con MOX (combustible nuclear de óxido mixto), a partir del cual puede separarse fácilmente el plutonio.

La restricción en la producción de material fisible a unos cuantos países 'fiables' no es la solución, ya que esta medida engendraría recelos y crearía una gran amenaza para la seguridad. Es necesario crear una nueva agencia de la ONU capaz de atajar las amenazas que conllevan el cambio climático y la proliferación nuclear con un desmantelamiento de las centrales nucleares y la promoción de energías sostenibles, promoviendo con ello la paz mundial en lugar de ponerla en peligro.

## los residuos nucleares

La industria nuclear afirma que puede 'desechar' sus residuos nucleares confinándolos en cementerios nucleares, una solución que no aislará para siempre el material radiactivo del medio ambiente. Un confinamiento bajo tierra sólo consigue ralentizar el escape de radiactividad a la atmósfera. La industria intenta predecir el tiempo que tardará en producirse algún escape para poder afirmar que las dosis radiactivas a los habitantes de las zonas cercanas en el futuro serán "aceptablemente bajas". Pero no hay que olvidar que los avances científicos en este campo no son hoy día suficientes para determinar con certidumbre estas predicciones.

Como parte de su campaña de creación de nuevas centrales nucleares en el mundo, la industria afirma que los problemas asociados con el

almacenamiento de los residuos nucleares tienen más que ver con la aceptación pública que con asuntos técnicos. La industria habla a menudo de propuestas de almacenamiento nuclear existentes en Finlandia, Suecia o Estados Unidos para resaltar su idea.

El residuo más peligroso es el combustible altamente radiactivo (o gastado) extraído de los reactores nucleares, con emisión de radiaciones durante cientos de miles de años. En algunos países la situación se ve exacerbada por el 'reprocesado' de este combustible gastado – que implica su disolución en ácido cítrico para separar el plutonio para uso armamentístico, un proceso que produce un residuo líquido altamente radiactivo. Actualmente existen unas 270.000 toneladas de residuos nucleares de combustible gastado almacenado, mucho de ello en las instalaciones de los reactores. El combustible gastado se acumula a un ritmo de unas 12.000 toneladas al año, utilizándose alrededor de un cuarto del mismo para su reprocesado<sup>3</sup>. Ningún país del mundo tiene la solución para tratar estos residuos altamente radiactivos.

La OIEA reconoce que, a pesar de sus requisitos internacionales en materia de seguridad, "... las dosis de radiación a individuos, en el futuro, sólo pueden ser estimadas y las incertidumbres asociadas con estas estimaciones aumentarán aún más en el futuro."

La opción menos dañina para los residuos ya creados es su almacenamiento no subterráneo, en un almacén seco en las instalaciones de origen, aunque esta opinión presenta también importantes retos y amenazas. La única solución real es frenar la producción de residuos.

## riesgos para la seguridad

Windscale (1957), Three Mile Island (1979), Chernóbil (1986) y Tokaimura (1999) son sólo algunos de los cientos de accidentes nucleares ocurridos hasta la fecha.

Un simple fallo reciente en una central nuclear sueca puso en evidencia nuestra vulnerabilidad ante una catástrofe nuclear. Suecia, como resultado de dicho fallo, tuvo que cerrar cuatro de sus 10 centrales nucleares tras el descubrimiento de problemas. Los sistemas de emergencia de la central de Forsmark fallaron durante 20 minutos durante una interrupción del suministro eléctrico. Si no se hubiera restaurado el suministro eléctrico, habría ocurrido un incidente importante en cuestión de horas. Un antiguo director de la central afirmó más tarde que "fue una suerte que no ocurriera un accidente de fusión del núcleo". El cierre de las centrales produjo de golpe el corte de casi el 20% del suministro eléctrico de Suecia.

Una reacción nuclear en cadena debe mantenerse bajo control, y, dentro de lo posible, las radiaciones peligrosas deben limitarse al reactor, aislando y tratando con sumo cuidado los productos radiactivos. Las reacciones nucleares generan altas temperaturas, y los líquidos empleados para la refrigeración se mantienen a menudo bajo presión. Junto con la intensa radiactividad, estas altas temperaturas y presiones hacen que la operación de un reactor sea una tarea difícil y compleja.

Los riesgos que entraña el funcionamiento de los reactores son cada vez mayores, y la posibilidad de que se produzca un accidente es hoy día mayor que nunca. La mayoría de los reactores del mundo tienen más de 20 años, por lo que son más susceptibles de fallos debidos a envejecimiento. Muchas compañías están intentando aumentar su vida útil de 40 años, para la cual fueron diseñados, a un máximo de unos 60 años, lo cual conlleva nuevos riesgos.

Mientras, la desregulación del sector eléctrico ha empujado las instalaciones nucleares a acortar sus inversiones en materia de seguridad y limitar la plantilla a la vez que aumentan la presión sobre los reactores, la temperatura de funcionamiento y el quemado del combustible, acelerando con ello el envejecimiento y disminuyendo los márgenes de seguridad. Los reguladores nucleares no siempre son capaces de hacer frente a esta nueva situación.

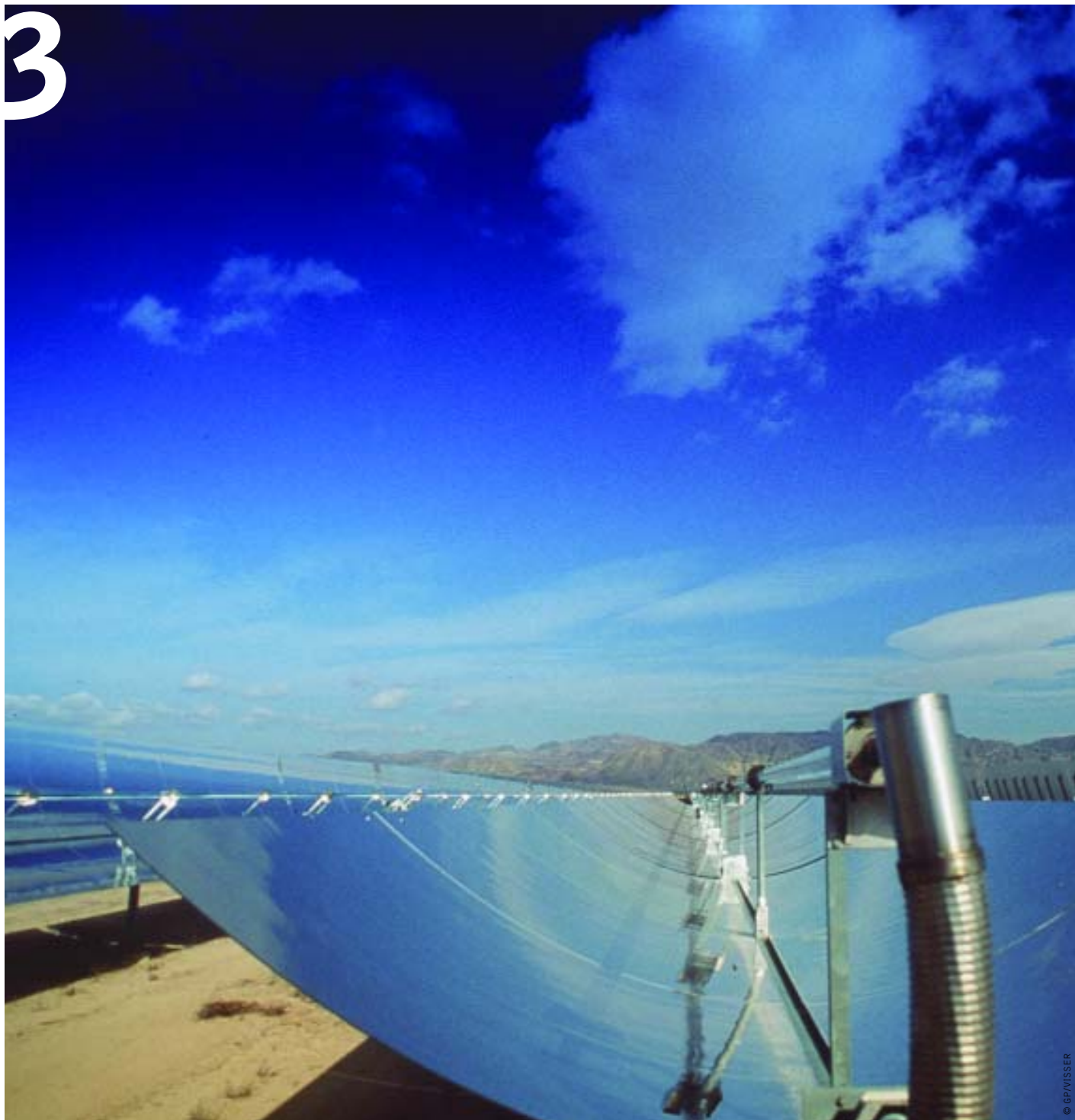
Los nuevos reactores denominados de seguridad pasiva cuentan con un gran número de sistemas de seguridad sustituidos por procesos 'naturales' como el sistema de agua de refrigeración de alimentación por gravedad y refrigeración con aire, sistemas que pueden hacerlos más vulnerables a ataques terroristas.

## referencias

- 1 MOHAMED ELBARADEI, "TOWARDS A SAFER WORLD," ECONOMIST, OCTOBER 18, 2003
- 2 IPCC WORKING GROUP II (1995), IMPACTS, ADAPTATIONS AND MITIGATION OF CLIMATE CHANGE: SCIENTIFIC-TECHNICAL ANALYSIS. CLIMATE CHANGE 1995 IPCC WORKING GROUP II.
- 3 WASTE MANAGEMENT IN THE NUCLEAR FUEL CYCLE, WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, INFORMATION AND ISSUE BRIEF, FEBRUARY 2006. [HTTP://WWW.WORLD-NUCLEAR.ORG/INFO/INF04.HTM](http://www.world-nuclear.org/info/inf04.htm)

## la [R]evolución Energética

“LOS EXPERTOS CONCUERDAN EN QUE ESTE CAMBIO TAN FUNDAMENTAL DEBERÁ TENER LUGAR EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS PARA PREVENIR LOS PEORES IMPACTOS”



**imagen** INSTALACIÓN SOLAR DE CONCENTRACIÓN (CSP) EN LA PLANTA SOLAR EN DAGGETT (CALIFORNIA).



**imagen** PLATAFORMA DE PERFORACIÓN PETROLÍFERA DUNILIN A EN EL MAR DEL NORTE. SE NOTA LA CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO



El imperativo del cambio climático exige una Revolución Energética. Entre los expertos existe el consenso de que este cambio fundamental debe comenzar cuanto antes y haber recorrido buena parte en los próximos diez años para que podamos hacer frente a sus peores impactos. No necesitamos energía nuclear. Lo que *sí* necesitamos es una transformación completa de la forma de producir, consumir y distribuir la energía. Nada menos ambicioso que una revolución, nos permitirá limitar el calentamiento global a menos de 2°Celsius, por encima del cual los impactos serán devastadores.

La generación actual de electricidad se basa principalmente en la combustión de combustibles fósiles, con las consiguientes emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, en centrales eléctricas de gran tamaño que desechan la mayor parte de su energía primaria de entrada. Se pierde aún más energía al tener que transportar la electricidad por la red eléctrica y convertirla de alta tensión a un suministro adecuado para uso doméstico e industrial. El sistema es intrínsecamente vulnerable: pueden producirse en cascada problemas técnicos locales, relacionados con las condiciones climáticas o incluso causados deliberadamente, provocando apagones importantes. Independientemente de la tecnología empleada para generar electricidad, con esta configuración obsoleta, ésta estará sujeta de forma inevitable a algunos, o todos estos problemas. La clave de la Revolución Energética es la necesidad de cambiar la forma de producir y distribuir la energía.

## principios claves

**la Revolución Energética puede lograrse si nos atenemos a cinco principios claves:**

**1 poner en práctica soluciones limpias y renovables y descentralización de los sistemas energéticos** No hay escasez de energía. Todo lo que tenemos que hacer es utilizar las tecnologías existentes para aprovechar la energía de forma eficiente y eficaz. La energía renovable y las medidas de eficiencia energética son ya una realidad, son viables y cada vez más competitivas. La energía eólica, solar u otras tecnologías energéticas renovables han experimentado un elevado crecimiento durante la pasada década.

Al igual que el cambio climático es una realidad, también lo es el sector de las energías renovables. Los sistemas energéticos sostenibles y descentralizados producen menos emisiones de carbono, son más baratos e implican menos dependencia de las importaciones de combustible. También crean más puestos de trabajo y dan poder a las comunidades locales. Los sistemas descentralizados son más seguros y más eficientes. Esto es por lo que debe luchar la Revolución Energética.

**2 respetar los límites naturales** Debemos aprender a respetar los límites naturales, ya que la atmósfera sólo puede absorber una cantidad limitada de carbono. Cada año se emiten a la atmósfera unos 23 mil millones de toneladas de carbono equivalente; estamos literalmente llenando el cielo. Los recursos geológicos de carbón podrían contribuir a otros varios cientos de años de combustible, pero no podemos quemarlos y mantenernos dentro de los límites de seguridad. Debemos terminar con la dependencia del petróleo y el carbón.

Si queremos frenar la subida vertiginosa de la temperatura de la Tierra, la mayoría de las reservas de combustibles fósiles del mundo (carbón, petróleo y gas) deben seguir bajo tierra. Nuestro objetivo como seres humanos es vivir dentro de los límites naturales de nuestro pequeño planeta.

“LA EDAD DE PIEDRA NO TERMINÓ POR FALTA DE PIEDRA, Y LA EDAD DEL PETRÓLEO TERMINARÁ MUCHO ANTES DE QUE SE AGOTEN LAS RESERVAS MUNDIALES.”

**Sheikh Zaki Yamani, ex Ministro del Petróleo de Arabia Saudita**

**3 abandonar la energía sucia e insostenible** Debemos acabar con la energía nuclear y la del carbón. No podemos continuar construyendo centrales de carbón ahora que las emisiones representan un gran peligro para los ecosistemas y la gente. Y no podemos seguir alimentando las crecientes amenazas nucleares pretendiendo que la energía nuclear puede ayudarnos a combatir el cambio climático. La energía nuclear no tiene ningún futuro en la Revolución Energética.

**4 equidad y justicia** Siempre que existan límites naturales, deberá realizarse una distribución justa de los beneficios y los costes entre las sociedades, entre las naciones y entre las generaciones presentes y futuras. En un extremo, un tercio de la población mundial no tiene acceso a la electricidad, mientras que la mayoría de los países industrializados consumen mucho más de la parte que les corresponde.

Los efectos del cambio climático sobre las comunidades más pobres se ven aumentados por injusticias energéticas masivas a nivel global. Si queremos combatir el cambio climático, uno de los principios a cumplir debe ser el de equidad y justicia, para que los beneficios de los servicios energéticos (como luz, calor, energía y transporte) estén al alcance de todos: norte y sur, ricos y pobres. Sólo así podremos crear una seguridad energética real y las condiciones para un auténtico bienestar de la humanidad.

**5 desacoplar el crecimiento del uso de combustibles fósiles** Comenzando por los países en vías de desarrollo, el crecimiento económico debe separarse totalmente de los combustibles fósiles. Es una falacia sugerir que se debe predecir el crecimiento económico en función del aumento de la combustión.

- Debemos utilizar la energía que producimos de manera mucho más eficiente, y
- Debemos realizar cuanto antes la transición *hacia* la energía renovable –lejos de los combustibles fósiles– con el fin de lograr un crecimiento limpio y sostenible.

## de la teoría a la práctica

Hoy día, las fuentes de energía renovable suponen el 13% de la demanda de energía primaria en el mundo. La biomasa, utilizada principalmente para calentamiento, es la principal fuente de energía renovable. La contribución de las energías renovables a la generación de electricidad es de un 18%, y su contribución a la demanda de energía primaria para suministro térmico es del orden de un 26%. Una buena parte, alrededor del 80%, del suministro de energía primaria proviene hoy día de los combustibles fósiles, y el 7% restante, de la energía nuclear<sup>4</sup>.

## referencia

**4** IEA; WORLD ENERGY OUTLOOK 2004

## aprovechar el momento propicio

Ha llegado el momento de introducir cambios estructurales importantes en el sector energético y eléctrico durante la próxima década. Muchas centrales térmicas de países industrializados como EEUU, Japón y la Unión Europea están cercanas a su fin; más de la mitad de todas las centrales operativas tienen más de 20 años. A la vez, los países en vías de desarrollo, como China, India y Brasil, están intentando satisfacer la creciente demanda energética creada por sus economías en expansión.

Durante los próximos diez años, el sector energético decidirá cómo hacer frente a esta nueva demanda, bien por medio de combustibles fósiles y nucleares, bien mediante el uso eficiente de las energías renovables. El escenario de la Revolución Energética se basa en un nuevo marco político favorable a la energía renovable y a la cogeneración combinadas con una mayor eficiencia energética.

Para que esto sea una realidad, tanto las energías renovables como la cogeneración (a gran escala y mediante unidades descentralizadas más pequeñas) deben experimentar un crecimiento más rápido que la demanda global de energía. Ambos enfoques deben reemplazar la generación energética antigua y ofrecer la energía adicional requerida por los países en vías de desarrollo.

## cambio de las infraestructuras

Dada la imposibilidad de cambiar directamente de un sistema energético actual basado en los combustibles fósiles y nucleares a gran escala a un suministro totalmente renovable, se hace necesaria una fase de transición a fin de crear la infraestructura necesaria. Si bien creemos firmemente en la promoción de fuentes de energía renovable, también pensamos que el gas, utilizado en plantas de cogeneración de capacidad adecuada, es un combustible de transición muy valioso capaz de contribuir a una descentralización económicamente viable de la infraestructura energética. Con veranos más calurosos, la trigeneración, que incorpora refrigeradores térmicos de absorción con capacidad refrigerante además de calor y electricidad, serán medios especialmente valiosos para lograr la reducción de emisiones.

## una vía hacia el desarrollo

La Revolución Energética contempla una vía hacia el desarrollo que convierte la estructura de suministro energético actual en un sistema sostenible. Esto se realiza en dos etapas principales.

### primera etapa: Eficiencia energética

La Revolución Energética contempla la ambiciosa explotación del potencial de eficiencia energética enfocado en mejorar las prácticas actuales y en las tecnologías disponibles para el futuro, asumiendo una continua innovación. Los ahorros energéticos están relativamente igual distribuidos en los tres sectores: industria, transportes y doméstico/oficinas. Su uso inteligente, no la privación, es la filosofía básica para la futura conservación de la energía.

Las opciones de ahorro energético más importantes son la mejora en el aislamiento térmico y el diseño de edificios, el uso de maquinaria y transmisión eléctricas altamente eficientes, el reemplazo de los sistemas térmicos eléctricos anticuados por la producción térmica renovable (como colectores solares) y una reducción del consumo energético de vehículos utilizados para el transporte de mercancías y de pasajeros. Los países industrializados, que utilizan actualmente la energía de la manera más ineficiente, pueden reducir drásticamente su consumo sin necesidad de perder confort doméstico, información o el disfrute de electrónica de ocio. El Escenario de la Revolución Energética utiliza la energía ahorrada en los países de la OCDE para compensar los crecientes requisitos energéticos en los países en vías de desarrollo. El objetivo final es estabilizar el consumo global de energía durante las próximas dos décadas, y a la vez, crear una "equidad energética" –desplazando el desperdicio unilateral de energía actual de los países industrializados hacia una distribución mundial más justa del suministro empleándolo eficientemente.

Un requisito crucial para lograr una cuota importante de fuentes de energías renovables en el sistema de suministro energético mundial es reducir considerablemente la demanda de energía primaria comparado con el "escenario de referencia" de la Agencia Internacional de la Energía (consulte el Capítulo 4), pero con el mismo PIB y desarrollo de la población, compensando por el desmantelamiento paulatino de las nucleares y reduciendo el consumo de combustibles fósiles.



## segunda etapa: Cambios estructurales energía descentralizada y renovables a gran escala

Para poder sacar un mayor partido del combustible y reducir las pérdidas durante la distribución, en el Escenario de la Revolución Energética se realiza un mayor uso de energía descentralizada (ED), que es aquella generada cerca o en el punto de uso.

La Energía Descentralizada (ED) se conecta a un sistema de redes de distribución locales encargado del suministro a hogares y oficinas, en lugar de utilizar el sistema de transmisión de alta tensión. La proximidad de la planta generadora a los consumidores permite que las pérdidas térmicas procedentes de los procesos de combustión puedan ser canalizadas hasta edificios cercanos, en un sistema conocido como cogeneración o sistema combinado de calor y electricidad. Con este sistema se emplea casi toda la energía de entrada, no sólo una fracción, como ocurre con las centrales de combustible fósil tradicionales. La energía descentralizada cuenta con sistemas independientes completamente separados de las redes públicas.

Las tecnologías ED incluyen también sistemas dedicados como las bombas de calor y de aire acondicionado, sistemas de calentamiento termosolar y por biomasa que pueden ser comercializados a nivel doméstico a fin de lograr un calentamiento sostenible de bajo nivel de emisiones. Aunque puede considerarse que las tecnologías ED pueden llegar a romper el mercado debido a que no se adaptan al mercado y al sistema eléctricos existentes, con unos cambios convenientes contarían con un elevado potencial de crecimiento, prometiendo una 'remodelación creativa' del sector energético existente.

Para 2050, una enorme cantidad de la energía global será producida por fuentes de energía descentralizadas, aunque será aún necesario el suministro de energía renovable por plantas de gran escala para conseguir una transición rápida a un sistema dominado por las renovables. Por ello, en las regiones más soleadas del planeta jugarán un papel muy importante y las plantas de energía solar de concentración (CSP) y los grandes parques eólicos marinos.

## cogeneración

El incremento en el uso de unidades de cogeneración de calor y electricidad (PCCE) mejorará la eficiencia en la conversión energética del sistema de suministro, tanto con el uso de gas natural como de biomasa. A largo plazo, la disminución de la demanda de calor y el gran potencial para producir calor directamente a partir de fuentes de energías renovables limitará aún más la expansión de las unidades PCCE.

## electricidad con energías renovables

El sector eléctrico será el pionero en el uso de las energías renovables. Todas las tecnologías de energías renovables han experimentado un crecimiento continuo de hasta un 35% anual durante los últimos 20 a 30 años y se espera que se consoliden a un alto nivel entre 2030 y 2050. Para el año 2050, la mayor parte de la electricidad se producirá a partir de fuentes de energías renovables.

## calentamiento con energías renovables

En el sector de suministro térmico se producirá una importante mejora de contribución de las renovables. Se esperan unas tasas de crecimiento similares a las del sector eléctrico renovable. Los combustibles fósiles serán sustituidos paulatinamente por tecnologías modernas más eficientes, especialmente biomasa, colectores solares y geotérmicos. Para el año 2050, las tecnologías basadas en energías renovables cubrirán la mayor parte de la demanda de calefacción y refrigeración.

## transporte

Antes de que los biocombustibles puedan jugar un papel importante en el sector de transportes habrá que explotar los potenciales existentes de alta eficiencia. En este estudio se destina principalmente la biomasa a aplicaciones estacionarias; el uso de biocombustibles para el transporte se ve limitado por la disponibilidad de biomasa de cultivo sostenible.

En resumen, si queremos lograr un crecimiento económico atractivo basado en fuentes de energías renovables, es de gran importancia una adecuada movilización equilibrada de todas las tecnologías, una movilización que depende de la disponibilidad de recursos, del potencial de reducción de costes y de la madurez tecnológica.

## principios del escenario en pocas palabras

- Consumo, generación y distribución inteligentes.
- Producción de energía más cerca del consumidor.
- Uso máximo de combustibles producidos localmente y sostenibles medioambientalmente.

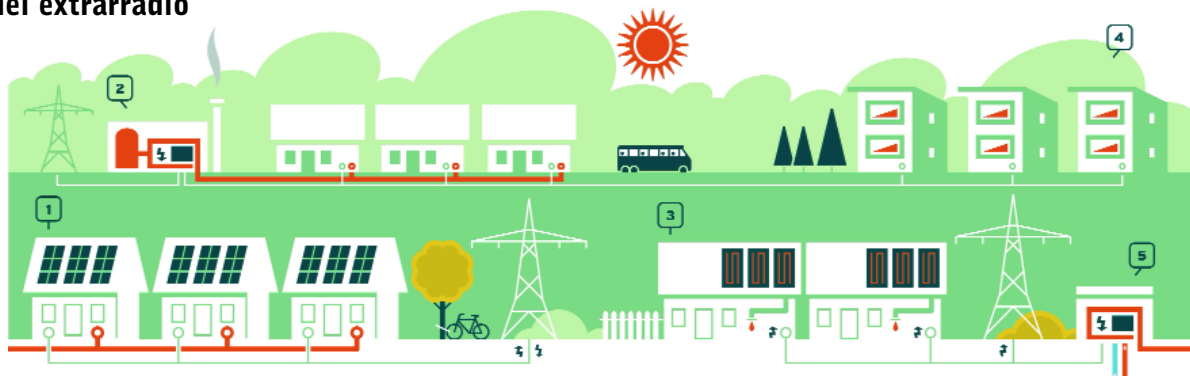
**figura 5: un futuro de energía descentralizada**

LOS CENTROS DE LAS CIUDADES DEL MUNDO CONECTADO DEL FUTURO PRODUCIRÁN LA ENERGÍA Y EL CALOR QUE CONSUMIRÁN. LOS TEJADOS Y FACHADAS DE EDIFICIOS PÚBLICOS SON IDEALES PARA PRODUCIR ENERGÍA SOLAR. 'BAJO CONSUMO ENERGÉTICO' SERÁ EL ESTÁNDAR PARA TODOS LOS EDIFICIOS. LOS GOBIERNOS CON OBJETIVOS RIGUROSOS DE PROTECCIÓN DEL CLIMA DEBERÁN IMPONER CONDICIONES ESTRUCTAS Y OFRECER INCENTIVOS PARA LA RENOVACIÓN DE ESTOS EDIFICIOS. ESTAS MEDIDAS CREARÁN PUESTOS DE TRABAJO.



1. LAS FACHADAS DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS SERÁN UN ELEMENTO DECORATIVO DE EDIFICIOS DE OFICINAS Y APARTAMENTOS. LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SERÁN MÁS COMPETITIVOS Y LA MEJORA DE SU DISEÑO PERMITIRÁ A LOS ARQUITECTOS EXTENDER SU USO.
2. LA RENOVACIÓN DE VIEJOS EDIFICIOS PUEDE RECORTAR EL CONSUMO ENERGÉTICO HASTA UN 80% - CON UN MEJOR AISLAMIENTO TÉRMICO, VENTANAS AISLADAS Y SISTEMAS MODERNOS DE VENTILACIÓN.
3. LOS COLECTORES TERMOSOLARES PRODUCEN AGUA CALIENTE PARA SUS EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES VECINAS.
4. LAS ESTACIONES TÉRMICAS EFICIENTES (CHP) TENDRÁN DIFERENTES TAMAÑOS – ACOPLÁNDOSE A SÓTANOS EN VIVIENDAS INDEPENDIENTES O PROPORCIONANDO ENERGÍA Y CALOR A GRANDES COMPLEJOS DE EDIFICIOS O APARTAMENTOS SIN PÉRDIDAS DE TRANSMISIÓN.
5. LA ELECTRICIDAD LIMPIA PARA LAS CIUDADES PROVENDRÁ TAMBIÉN DE PUNTOS MÁS LEJANOS. LOS PARQUES EÓLICOS MARINOS Y LAS CENTRALES SOLARES UBICADAS EN DESIERTOS TIENEN UN ENORME POTENCIAL.

**zonas del extrarradio**



1. FOTOVOLTAICA
2. MINI CENTRALES DE COGENERACIÓN = PLANTA COMBINADA DE CALOR Y ELECTRICIDAD [CHP]
3. COLECTORES SOLARES (CALOR)
4. EDIFICIOS DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO
5. CALOR GEOTÉRMICO - Y CENTRAL ELÉCTRICA [CHP]

**imagen** SOLAR FOTOVOLTAICA CON SEGUIMIENTO EN ARNSTEIN, ALEMANIA.



### integración optimizada de energías renovables

Será necesaria la modificación del sistema energético para poder incluir las elevadas cuotas de uso de energías renovables esperadas bajo el escenario de la Revolución Energética. Esto no es distinto de lo que sucedió durante los años 70 y 80 del pasado siglo, cuando se construyeron la mayoría de las centrales eléctricas centralizadas ahora en funcionamiento en los países de la OCDE. Se construyeron nuevas líneas de alta tensión, se comercializaron sistemas calefactores acumuladores nocturnos y se instalaron grandes calderas eléctricas de agua caliente para poder vender la electricidad producida durante la noche a partir de centrales nucleares y de carbón.

Varios países de la OCDE han demostrado que es posible integrar fácilmente una gran proporción de energía descentralizada, incluyendo fuentes variables como el viento. Un buen ejemplo de ello es Dinamarca, que cuenta con el mayor porcentaje de generación combinada de calor y electricidad y energía eólica de Europa. Con un apoyo político fuerte, el 50% de la electricidad y el 80% de la calefacción provienen de centrales de cogeneración. La contribución de la energía eólica se eleva a más del 18% de la demanda danesa de electricidad. Bajo determinadas condiciones, la generación de electricidad con turbinas de cogeneración y eólicas excede incluso la demanda. La compensación de carga requerida para la estabilidad de la red en Dinamarca se gestiona regulando la capacidad de las pocas estaciones eléctricas grandes y a través de la importación y exportación a países vecinos. Un sistema de tarifas basado en tres grupos permite equilibrar diariamente la generación de electricidad a partir de plantas eléctricas descentralizadas con el consumo eléctrico.

Es importante optimizar todo el sistema energético con una gestión inteligente de productores y consumidores, con una combinación adecuada de estaciones eléctricas y nuevos sistemas de almacenamiento de la electricidad.

**una combinación adecuada de estaciones eléctrica** La mayor parte del suministro eléctrico en los países de la OCDE se genera en centrales eléctricas de carbón y, en algunos casos, centrales nucleares, que son difíciles de regular. Las modernas centrales eléctricas de gas, por contra, no son sólo altamente eficientes, sino también más fáciles y rápidas de regular y con ello más capaces de compensar las cargas fluctuantes. Las centrales eléctricas de carbón y nucleares presentan unos costes de combustión y operación más bajos, pero unos costes de inversión comparativamente mayores, por lo que deben funcionar ininterrumpidamente como "carga base" para poder recuperar sus inversiones. Las centrales eléctricas de gas tienen menos costes de inversión y son rentables incluso a bajo rendimiento, lo que las hace más adecuadas para equilibrar las variaciones en el suministro de fuentes de energía renovable.

**gestión de la carga** El nivel y la distribución horaria de la demanda de electricidad pueden gestionarse ofreciendo a los consumidores incentivos financieros que ayuden a reducir o cortar su suministro en periodos de consumo máximo. Puede utilizarse tecnología de control para gestionar los planes. Este sistema es empleado ya por algunos clientes industriales de importancia. Un proveedor de electricidad noruego ha incluido un mensaje de texto incluso a clientes de domicilios privados en el que se les recuerda que apaguen la luz. Cada hogar puede decidir previamente si desea participar o no. En Alemania se están realizando algunos experimentos con tarifas de tiempo flexible para que se pongan en marcha las lavadoras durante la noche y los frigoríficos se apaguen temporalmente durante periodos de alta demanda.

Este tipo de gestión de la carga ha sido simplificado gracias a avances en las tecnologías de las comunicaciones. Por ejemplo, en Italia se han instalado 30 millones de contadores eléctricos muy innovadores para facilitar su lectura remota y controlar la información del consumidor y del servicio. Muchos productos o sistemas eléctricos para el hogar, como frigoríficos, lavavajillas,

**figura 6: las infraestructuras energéticas centralizadas derrochan más de dos tercios de su energía**



lavadoras, calentadores de agua de almacenamiento, bombas de agua y aires acondicionados, pueden ser gestionados mediante su desconexión temporal o reprogramando su tiempo de funcionamiento, liberando así la carga eléctrica para otros usos.

**gestión de la generación:** Los sistemas de generación de electricidad renovables pueden participar también en la optimización de la carga. Por ejemplo, los parques eólicos pueden desconectarse temporalmente cuando haya demasiada electricidad en la red.

**almacenamiento de la energía:** Otro método para equilibrar el suministro eléctrico y la demanda es mediante el almacenamiento, que puede estar descentralizado, por ejemplo en baterías, o centralizado. Hasta el momento las instalaciones hidroeléctricas con acumulación por bombeo han sido el método principal para almacenar grandes cantidades de electricidad. En un sistema de almacenamiento por bombeo, la energía procedente de la generación eléctrica se almacena en un lago, recuperándose cuando se necesita, accionando turbinas y generando electricidad. Actualmente existen en todo el mundo 280 centrales de almacenamiento por bombeo. Este tipo de instalaciones contribuyen de manera importante a la seguridad del suministro, pero su funcionamiento podría ajustarse mejor a los requisitos de un futuro sistema basado en las energías renovables.

A largo plazo están comenzando a aparecer otras soluciones de almacenamiento. Una solución prometedora, además del uso de hidrógeno, es el uso de aire comprimido. En estos sistemas se utiliza electricidad para comprimir aire en domos salinos profundos a 600 metros bajo tierra y a presiones de hasta 70 bar. En periodos punta, cuando la demanda de electricidad es alta, se permite que salga el aire del domo para que active una turbina. Aunque este sistema, conocido como CAES (Almacenamiento de energía por aire comprimido) funciona aún con corriente auxiliar generada por combustibles fósiles, se está desarrollando una central "adiabática" que no lo emplea. Para ello, el calor procedente del aire comprimido se almacena de forma intermedia en un almacén térmico gigante. Una central eléctrica de este tipo puede lograr una eficiencia en el almacenamiento de un 70%.

Las **previsiones** para la generación de electricidad renovable continúan mejorando. Regular el suministro es especialmente costoso cuando los datos llegan a última hora, y las técnicas de predicción para la generación de energía eólica han mejorado de manera considerable durante los últimos años, y siguen mejorando. La demanda de mantener un equilibrio en el suministro disminuirá así en el futuro.

## la "central eléctrica virtual"

La rápida evolución de las tecnologías de la información está ayudando a facilitar el camino para un suministro energético descentralizado basado en centrales de cogeneración, sistemas de energías renovables y centrales eléctricas convencionales. Los fabricantes de pequeñas centrales de cogeneración ofrecen ya interfaces por Internet que permiten controlar el sistema a distancia. Ahora los usuarios domésticos pueden controlar su uso eléctrico y térmico a fin de reducir el uso de electricidad costosa de la red, suavizándose así el perfil de la demanda de electricidad. Estas medidas forman parte de la tendencia hacia la "casa inteligente" donde su minicentral de cogeneración se convierte en un centro de gestión energético. Y aún podemos ir más lejos con una "central eléctrica virtual". Virtual no significa que la central no produce electricidad real, se refiere al hecho de que no hay una central de generación grande y localizada con turbinas y generadores. El eje de la central eléctrica virtual es una unidad de control que procesa datos procedentes de numerosas centrales eléctricas descentralizadas, los compara con las previsiones de demanda eléctrica, generación y condiciones meteorológicas, recupera los precios vigentes del mercado energético y de manera inteligente optimiza toda la actividad de la central eléctrica. Algunos centros públicos utilizan ya sistemas de este tipo, integrando centrales de cogeneración, parques eólicos, sistemas fotovoltaicos y otras centrales eléctricas. La central eléctrica virtual puede también vincular a los consumidores con el proceso de gestión.

## redes eléctricas futuras

La **red eléctrica** debe cambiar también para poder realizar estructuras descentralizadas con una elevada contribución de las energías renovables. Las redes de hoy día han sido diseñadas para transportar electricidad desde unas cuantas centrales eléctricas centralizadas hasta los consumidores, pero el sistema del futuro debe ser más versátil. Las grandes centrales eléctricas llevarán la electricidad a la red de alta tensión, pero los sistemas pequeños descentralizados, como las instalaciones solares, de cogeneración y eólicas, transportarán la electricidad hasta la red de tensión baja o media. Para poder transportar electricidad desde las instalaciones de generación renovable como los parques eólicos marinos hasta zonas remotas, deberán construirse un número limitado de nuevas líneas de transmisión de alta tensión, que también estarán disponibles para el comercio eléctrico entre países. Dentro del escenario de la Revolución Energética se espera que la cuota de fuentes de energías renovables variables alcance el 30% de la demanda total de electricidad para el año 2020 y del orden de un 40% para 2050.

**imagen** INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 'WISSENSCHAFTS UND TECHNOLOGIEZENTRUM' CERCA DE BERLÍN, ALEMANIA. LAS OVEJAS MANTIENEN EL CÉSPED CORTO ENTRE LOS SEGUIDORES.



## electrificación rural<sup>5</sup>

La energía es vital para reducir la pobreza y crear mayores beneficios en salud, educación y justicia. Más de un cuarto de la población mundial no tiene acceso a los servicios modernos de energía. En el África Subsahariana, el 80% de la población carece de suministro eléctrico, y dependen casi exclusivamente de la combustión de biomasa (madera, carbón vegetal y estiércol) para cocinar y para calentarse.

Las poblaciones sin recursos dedican hasta un tercio de sus ingresos a energía, principalmente para cocinar. Las mujeres en particular dedican una cantidad considerable de tiempo a la recogida, procesado y uso de combustible tradicional para cocinar. En la India, pueden llegar a emplearse entre dos y siete horas al día en la recogida de combustible para cocinar, un tiempo que podría dedicarse al cuidado de los niños, su educación o a la obtención de ingresos. La OMS estima que mueren prematuramente cada año 2,5 millones de mujeres y niños de países en vías de desarrollo por problemas respiratorios provocados por las estufas de biomasa de interior.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio de recortar de la mitad la pobreza mundial para el año 2015 no se alcanzarán si no aumentan la producción de energía, los ingresos y la educación, sin crear trabajos y reducir la lucha diaria que conlleva simplemente sobrevivir. El recorte de la pobreza no se logrará sin energía para un crecimiento más productivo, la recolección, procesado y comercialización de alimentos. No podrá mejorarse la sanidad y reducir las tasas de mortandad sin energía para la refrigeración necesaria para clínicas, hospitales y campañas de vacunación. El mayor causante de muertes infantiles del mundo, la infección respiratoria aguda, no será atajado sin solucionar los problemas provocados por el humo procedente del fuego para cocinar en el hogar. Los niños no podrán estudiar de noche sin luz en sus hogares. Sin energía no podrá bombearse ni tratarse agua potable.

La Comisión de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible apunta que "para poder poner en práctica el objetivo aceptado por la comunidad internacional de reducir a la mitad la proporción de personas que viven con menos de 1 dólar al día para 2015, se debe tener acceso a servicios de energía asequibles".

## el papel de la energía renovable sostenible y limpia

Para poder lograr los importantes recortes en emisiones necesarios para evitar el cambio climático (el 80% en los países de la OCDE para 2050), será necesario un uso masivo de las energías renovables. Los objetivos de energía renovable deben extenderse ampliamente por los países industrializados para sustituir a los combustibles fósiles y la generación nuclear y para crear los mercados necesarios para su expansión global. En el escenario de Revolución Energética asumimos que las fuentes de energías renovables modernas, como los colectores solares, cocinas solares y formas modernas de bioenergía, sustituirán al uso ineficiente de la biomasa tradicional.

## principios del escenario en pocas palabras

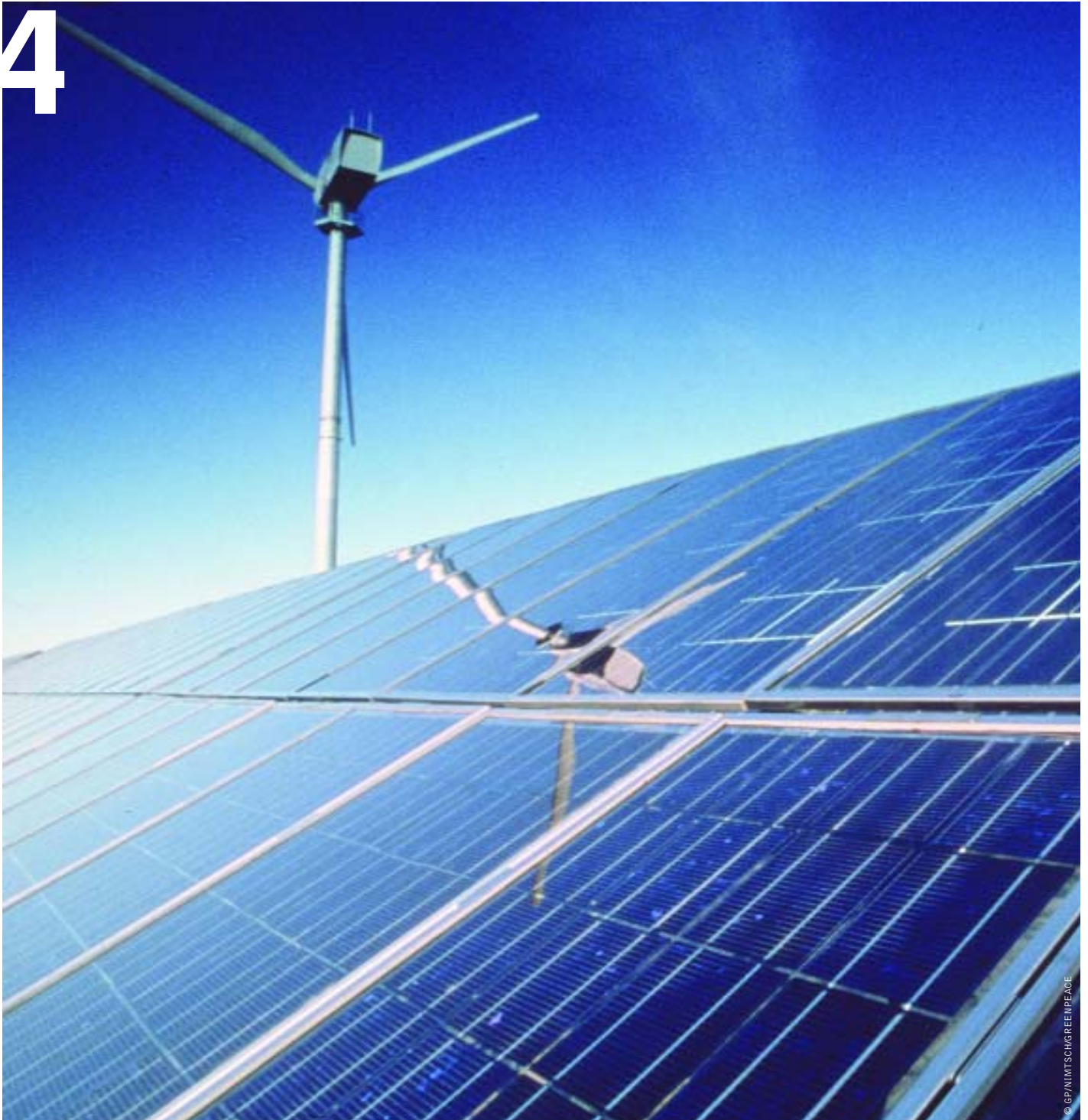
- Consumo, generación y distribución inteligentes.
- Producción de energía más cerca del consumidor.
- Uso máximo de combustibles producidos localmente y sostenibles medioambientalmente.

## referencia

**5** ENERGÍA SOSTENIBLE PARA REDUCIR LA POBREZA: UN PLAN DE ACCIÓN, IT-POWER, GREENPEACE INTERNACIONAL, SEPTIEMBRE DE 2002

## escenarios para el Suministro Energético Futuro

“CUALQUIER ANÁLISIS QUE BUSQUE HACER FRENTE A ASUNTOS EN MATERIA DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE DEBE TENER UNAS MIRAS DE AL MENOS MEDIO SIGLO”.



**imagen** INSTALACIÓN SOLAR Y EÓLICA CERCA DE ROSTOK, ALEMANIA.





El paso de la teoría a la práctica en materia de suministro energético y mitigación del cambio climático requiere una perspectiva a largo plazo. Construir una infraestructura energética lleva su tiempo; también lo lleva el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas. Los cambios en política a menudo necesitan varios años para que tengan efecto, y cualquier análisis que busque hacer frente a asuntos en materia de energía y medio ambiente debe tener unas miras de al menos medio siglo.

Los escenarios son importantes porque describen posibles vías de desarrollo, porque ofrecen un resumen de las perspectivas de futuro a los responsables de la toma de decisiones y porque indican hasta qué punto pueden modelar el sistema energético del futuro. En este estudio se utilizan dos escenarios diferentes para analizar todas las posibles vías para el sistema de suministro energético futuro: un Escenario de Referencia, que refleja la continuación de tendencias y políticas actuales, y el Escenario de Revolución Energética, cuya finalidad es lograr un conjunto de objetivos en políticas medioambientales.

El **Escenario de Referencia** se basa en el escenario de referencia editado por la Agencia Internacional de la Energía en Perspectivas Energéticas Mundiales 2004 (WEO 2004)<sup>6</sup>, que sólo tiene en cuenta las políticas existentes. Por ejemplo, se asume un progreso continuado en las reformas de los mercados eléctricos y del gas, la liberalización del mercado energético entre países y políticas recientes destinadas a combatir la contaminación ambiental. El Escenario de Referencia no incluye políticas adicionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Dado que el escenario de la AIE sólo cubre un periodo de tiempo hasta 2030, se ha ampliado extrapolando sus indicadores macroeconómicos claves, ofreciendo con ello una línea base de comparación con el Escenario de Revolución Energética.

El objetivo clave del **Escenario de Revolución Energética** es la reducción de las emisiones mundiales de dióxido de carbono hasta un nivel del orden de 10 a 12 Giga toneladas al año para 2050 para conseguir que el aumento de la temperatura global no supere los dos grados centígrados. Un segundo objetivo es el abandono global de las nucleares. Para lograr estos objetivos, en el escenario se realizan importantes esfuerzos por explotar a fondo el enorme potencial de la eficiencia energética. A la vez puede accederse a todas las fuentes de energías renovables económicamente viables para la generación de calor y de electricidad además de la producción de biocombustibles. Los parámetros marco generales para la población y el crecimiento del PIB son iguales a los del Escenario de Referencia.

Estos escenarios no pretenden en ningún caso predecir el futuro; simplemente describen dos vías de desarrollo potenciales de entre todos los 'futuros' posibles. La finalidad del Escenario de Revolución Energética es sacar a la luz los esfuerzos y acciones necesarios para lograr estos ambiciosos objetivos y para exponer las opciones que tenemos al alcance para cambiar nuestro sistema de suministro energético por uno que sea también sostenible.

## historial de los escenarios

Los escenarios del presente informe fueron encargados conjuntamente por Greenpeace y el Consejo Europeo de Energías Renovables a DLR, el Centro Aeroespacial Alemán. Los escenarios de suministro se calcularon utilizando el modelo de simulación MESAP/PlaNet, empleado para un estudio similar por el DLR, y cubriendo los 25 países de la UE<sup>7</sup>. Las perspectivas de demanda energética fueron desarrolladas por Ecofys basándose en el análisis del potencial futuro de medidas de eficiencia energética.

## estudio sobre eficiencia energética

El objetivo del estudio de Ecofys ha sido desarrollar escenarios de baja demanda de energía para el periodo de 2003 a 2050 a nivel sectorial para las regiones de la OIEA según se define en la serie de informes "Perspectivas Energéticas Mundiales". Los cálculos se refieren a cada década de 2010 en adelante. La demanda energética se dividió entre electricidad y combustibles, y los sectores tenidos en cuenta son la industria, el transporte y otros consumidores, como hogares y servicios.

Se desarrollaron dos escenarios de baja demanda energética, una versión de referencia y otra de eficiencia energética más ambiciosa. Este escenario, más avanzado, realiza un estudio de las mejores prácticas en curso y de las tecnologías disponibles en el futuro, asumiendo una innovación continua en materia de eficiencia energética. Se contempla una disminución de la demanda final de energía en el mundo de un 47% para 2050 en comparación con el Escenario de Referencia, con un resultado de una demanda final de energía de 350 PJ (PetaJulios) para 2050. Estos ahorros energéticos se distribuyen de manera bastante equitativa entre los tres sectores, industria, transportes y otros usos. Las opciones de ahorro energético más importantes son el transporte eficiente de pasajeros y mercancías y un mejor aislamiento térmico y diseño de edificios, contribuyendo en un 46% a los ahorros energéticos en el mundo.

## principales supuestos de escenarios

El desarrollo de un escenario energético global requiere el uso de un modelo multirregional que refleje las importantes diferencias estructurales entre los sistemas de suministro energético. Se ha elegido la distribución de las regiones del mundo elaborada por la Agencia Internacional de la Energía tal como se emplean en las series continuadas de los informes sobre Perspectivas Energéticas Mundiales porque la AIE ofrece también las estadísticas sobre energía en el mundo más completas. En la Figura 7 se observa la lista de los países incluidos en cada una de las diez regiones mundiales según de la distribución de la AIE.

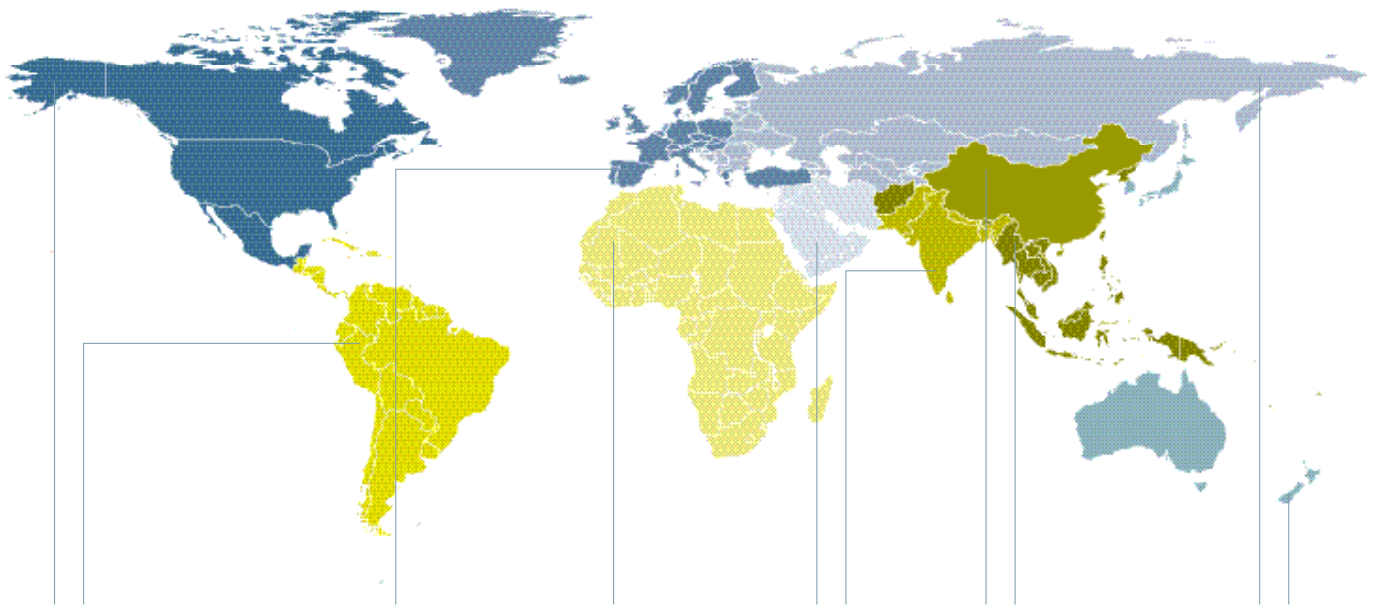
## referencias

<sup>6</sup> AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA, WORLD ENERGY OUTLOOK 2004, PARIS 2004 –EN NOVIEMBRE DE 2006 SE PUBLICÓ UN NUEVO WORLD ENERGY OUTLOOK– PARÁMETROS BÁSICOS COMO EL DESARROLLO DEL PIB Y LA POBLACIÓN PERMANECEN EN EL MISMO RANGO (VER "SENSITIVITY ANALYSIS IEA WEO 2004 -> 2006)

<sup>7</sup> "ENERGY REVOLUTION: A SUSTAINABLE PATHWAY TO A CLEAN ENERGY FUTURE FOR EUROPE", GREENPEACE INTERNATIONAL, SEPTEMBER 2005

**figura 7: definición de las regiones del mundo**

WEO 2004



**ocde  
norteamérica**

Canadá, México,  
Estados Unidos

**latinoamérica**

Antigua y Barbuda,  
Argentina, Bahamas,  
Barbados, Belice,  
Bermudas, Bolivia,  
Brasil, Chile, Colombia,  
Costa Rica, Cuba,  
Dominica, República  
Dominicana, Ecuador,  
El Salvador, Guayana  
Francesa, Granada,  
Guadalupe, Guatemala,  
Guyana, Haití,  
Honduras, Jamaica,  
Martinica, Antillas  
Holandesas, Nicaragua,  
Panamá, Paraguay,  
Perú, Puerto Rico,  
Saint Kitts y Nevis-  
Anguila, Santa Lucía,  
San Vicente y las  
Granadinas y Surinam,  
Trinidad y Tobago,  
Uruguay, Venezuela

**ocde europa**

Austria, Bélgica,  
República Checa,  
Dinamarca, Finlandia,  
Francia, Alemania,  
Grecia, Hungría,  
Islandia, Irlanda, Italia,  
Luxemburgo, Holanda,  
Noruega, Polonia,  
Portugal, República de  
Eslovaquia, España,  
Suecia, Suiza, Turquía,  
Reino Unido

**áfrica**

Argelia, Angola, Benín,  
Botswana, Burkina  
Faso, Burundi,  
Camerún, Cabo Verde,  
República  
Centroafricana, Chad,  
Congo, República  
Democrática del Congo,  
Costa de Marfil,  
Djibouti, Egipto, Guinea  
Ecuatorial, Eritrea,  
Etiopía, Gabón,  
Gambia, Ghana,  
Guinea, Guinea-Bissau,  
Kenya, Lesotho, Liberia,  
Libia, Madagascar,  
Malati, Malí,  
Mauritania, Mauricio,  
Marruecos,  
Mozambique, Namibia,  
Níger, Nigeria, Rwanda,  
Santo Tomé y Príncipe,  
Senegal, Seychelles,  
Sierra Leona, Somalia,  
Sudáfrica, Sudán,  
Suazilandia, República  
Unida de Tanzania,  
Togo, Túnez, Uganda,  
Zambia, Zimbabwe

**oriente medio**

Bahrain, Irán, Irak,  
Israel, Jordania,  
Kuwait, Líbano, Omán,  
Qatar, Arabia Saudita,  
Siria, Emiratos Árabes  
Unidos, Yemen

**surasia**

Bangla Desh, India,  
Nepal, Pakistán, Sri-  
Lanka

**china**

China

**este asiático**

Afganistán, Bhután,  
Brunei, Camboya,  
Chinese Taipei, Fiji,  
Polinesia Francesa,  
Indonesia, Kiribati,  
República Democrática  
de Corea, Laos,  
Malasia, Maldivas,  
Myanmar, Nueva  
Caledonia, Papua  
Nueva Guinea,  
Filipinas, Samoa,  
Singapur, Islas  
Salomón, Tailandia,  
Vietnam, Vanuatu

**economías de  
transición**

Albania, Armenia,  
Azerbaiyán, Bielorrusia,  
Bosnia-Herzegovina,  
Bulgaria, Croacia,  
Estonia, República  
Federal de Yugoslavia,  
Macedonia, Georgia,  
Kazakhstan, Kirguistán,  
Latria, Lituania,  
Moldavia, Rumania,  
Rusia, Eslovenia,  
Tayikistán,  
Turkmenistán, Ucrania,  
Uzbekistán, Chipre,  
Gibraltar<sup>\*)</sup>, Malta<sup>\*)</sup>

**ocde pacífico**

Japón, Corea del Sur,  
Australia, Nueva  
Zelanda

\* ASIGNACIÓN DE GIBRALTAR Y MALTA A ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN POR RAZONES ESTADÍSTICAS

**imagen** PANELES SOLARES DE UNA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN (PARA MANTENER EL PESCADO FRESCO), ATOLÓN LIKIEP, ISLAS MARSHALL.



## crecimiento de la población

Las tasas de crecimiento de la población para las regiones del mundo provienen de la WEO 2004 hasta el final de su periodo de proyección de 2030. De 2030 a 2050, los datos se toman de la revisión de 2004 de la publicación titulada "Perspectivas de crecimiento mundial" de las Naciones Unidas.

Se espera un crecimiento de la población mundial de un 0,78 % durante el periodo de 2003 a 2050, lo que supone una subida de 6,3 hasta alcanzar la cifra de casi 8,9 mil millones. El crecimiento de la población experimentará una ralentización sobre el periodo de proyección del 1,2% entre 2003 y 2010 al 0,42% de 2040 a 2050. Las regiones en vías de desarrollo serán las que experimenten un crecimiento más rápido, mientras que se espera una disminución continua en las economías de transición. Se espera una subida punta de las poblaciones de los países europeos de la OCDE y del Pacífico hacia 2020/2030, seguido de una importante disminución. La población de la OCDE Norteamérica continuará creciendo, manteniendo su cuota global.

Para 2050, la cuota de población para aquellos países clasificados actualmente como 'regiones en vías de desarrollo' aumentará del 76% al 82%. La cuota de la población mundial de la OCDE disminuirá, como también lo hará la de China, del 20,8% actual al 16%. África seguirá siendo la región con el mayor crecimiento de población, llegando a una cuota del 21% de la población mundial para 2050. Satisfacer las necesidades energéticas de una población creciente en los países en vías de desarrollo del mundo de forma sostenible medioambientalmente es un reto clave para lograr un suministro energético global sostenible.

## crecimiento económico

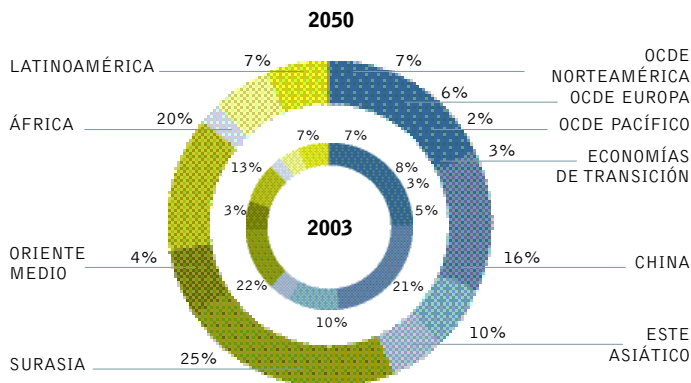
El crecimiento económico es un factor clave en la demanda energética. Desde 1971, cada incremento del 1% del PIB (Producto Interior Bruto) ha venido acompañado de un aumento de un 0,6% del consumo de energía primaria. El desacoplamiento de demanda energética y crecimiento del PIB es por tanto un requisito previo para reducir la demanda en el futuro.

Para poder realizar una comparación más justa entre crecimiento económico en diferentes países y reflejar más a fondo los estándares de vida comparativos, se ha establecido una adaptación al PIB utilizando los tipos de cambio de paridad del poder adquisitivo (PPP). Todos los datos sobre desarrollo económico del WEO 2004 se basan en el PIB ajustado al PPP. El presente estudio sigue dicho enfoque, y todos los datos sobre el PIB de este informe se expresan en dólares por año 2000 utilizando PPP en lugar tipos de cambio del mercado.

Dado que el Escenario de Referencia del WEO 2004 cubre únicamente el periodo hasta 2030, hemos tenido que buscar otras estimaciones sobre crecimiento económico a partir de dicho periodo. Los Escenarios sobre Emisiones del IPCC de 2000 ofrecen una guía sobre posibles vías de desarrollo hasta el año 2050, con cuatro argumentos básicos y escenarios relacionados. La tasa de crecimiento media anual del PIB mundial del WEO entre 2002 y 2010 (3,7%) es mucho más alta que en cualquiera de los escenarios del IPCC, pero indica un rápido descenso hasta un 2,7% durante el periodo de 2020-2030. De 2030 en adelante hemos elegido los escenarios del IPCC B2, que describen un mundo donde se hace hincapié en soluciones locales a los problemas de sostenibilidad económica, social y medioambiental combinado con un nivel intermedio de desarrollo económico.

**figura 8: desarrollo de la población mundial por regiones**

2003 Y 2050



**tabla 2: desarrollo de la población mundial por regiones**

MILES

REGIÓN	2003	2010	2020	2030	2040	2050
EL MUNDO	6.309.590	6.848.630	7.561.980	8.138.960	8.593.660	<b>8.887.550</b>
OCDE Europa	527.300	538.470	543.880	543.880	527.560	<b>508.970</b>
OCDE Norteamérica	425.800	456.520	499.310	535.380	563.110	<b>586.060</b>
OCDE Pacífico	199.000	201.800	201.800	197.800	190.990	<b>182.570</b>
Econom. de transición	345.000	340.200	333.460	320.360	303.170	<b>284.030</b>
China	1.311.300	1.376.920	1.447.330	1.461.870	1.448.710	<b>1.407.150</b>
Este Asiático	622.600	686.240	765.570	829.070	871.470	<b>889.060</b>
Surasia	1.410.000	1.575.710	1.792.960	1.980.540	2.123.630	<b>2.210.120</b>
Latinoamérica	439.570	481.170	536.790	581.310	612.610	<b>630.020</b>
África	847.660	980.400	1.183.430	1.387.010	1.615.780	<b>1.835.730</b>
Oriente Medio	181.360	211.200	257.450	301.740	336.630	<b>353.840</b>

fuernte NACIONES UNIDAS

Según los resultados de este análisis, se espera una disminución paulatina del PIB en todas las regiones del mundo durante las próximas décadas, con una media de crecimiento del PIB en el mundo del 3,2% anual durante el periodo de 2002-2030, comparado con el 3,3% de 1971 a 2002, y de un 2,7% anual durante todo el periodo. Para China y otros países asiáticos se espera el crecimiento más rápido, seguidos de África y de las economías de transición. La economía china ralentizará su crecimiento al ir madurando, pero indudablemente se convertirá en la economía más potente del mundo a partir de 2020. En los países de la OCDE Europa y OCDE Pacífico, se espera un crecimiento del PIB ligeramente inferior al 2% anual sobre el periodo de proyección, mientras que el crecimiento económico en los países de la OCDE Norteamérica será ligeramente superior. La cuota de la OCDE del PIB global ajustado a PPP disminuirá del 58% de 2002 al 38% de 2050.

Comparado con las proyecciones de la AIE 2004, en el nuevo informe Perspectivas Energéticas Mundial 2006 se asume una tasa de crecimiento anual ligeramente superior del PIB mundial de un 3,4%, en lugar del 3,2%, para el periodo de 2004-2030. A la vez, según el WEO 2006 se espera que el consumo final de energía para 2030 sea un 4% superior que el contemplado en el WEO 2004. En un análisis sobre la sensibilidad del impacto del crecimiento económico en la demanda energética bajo el Escenario de Revolución Energética se observa que un incremento del PIB medio mundial de un 0,1% (sobre el periodo de 2003-2050) provoca un aumento de la demanda final de energía de un 0,2%.

El coste del suministro de electricidad es un parámetro clave para la evaluación de futuros escenarios energéticos. Los principales factores son los precios de los combustibles, los costes de inversión en futuras tecnologías de centrales eléctricas y los costes potenciales de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los precios energéticos futuros se han basado de estimaciones procedentes de la AIE, el Departamento de Energía de los EEUU y la Comisión Europea. Los costes futuros de inversiones para centrales eléctricas se han estimado

utilizando un modelo de curva de aprendizaje. Los factores de aprendizaje específicos para la tecnología (índices de progreso) provienen de diferente documentación, y el desarrollo de la capacidad acumulativa para cada tecnología se ha tomado de los resultados del Escenario de Revolución Energética. Todos los precios son en \$<sub>2000</sub>.

### estimaciones de los precios de los combustibles fósiles

El importante aumento de los precios del petróleo en el mundo ha provocado unas estimaciones de precios futuros mucho más elevadas. Por ejemplo, bajo el escenario de 'altos precios del petróleo y del gas' de 2004 elaborado por la Comisión Europea, se asumió un precio para el petróleo de 34 dólares/bbl para 2030. Por otra parte, la Comisión (CASCADE-MINTS 2006) asume un precio del petróleo de 94 dólares/bbl para 2050, un precio para el gas de 15 dólares/GJ y un precio internacional para el carbón de 95 dólares/t. Las estimaciones actuales de los precios del petróleo para 2030 fluctúan entre 52 dólares/bbl (55 \$<sub>2005</sub>/bbl) y más de 100 dólares según la AIE.

Dado que el suministro de gas natural se ve limitado por la infraestructura de los gasoductos, no hay un precio internacional para el gas natural. En la mayoría de las regiones del mundo el precio del gas guarda una estrecha relación con el precio del petróleo. Las estimaciones actuales sobre los precios del gas para 2030 varían entre 4,5 dólares/GJ y su cifra más alta de 6,9 dólares/GJ según el Departamento de Energía estadounidense.

Teniendo en cuenta el reciente desarrollo de los precios energéticos, estas estimaciones pueden considerarse demasiado conservadoras, y considerando un crecimiento de la demanda global de petróleo y gas, hemos asumido una curva de aumento de los precios de los combustibles fósiles donde el petróleo alcance un precio de 85 dólares/bbl para 2030 y de 100 dólares/bbl para 2050. Para el gas, se espera un aumento de los precios a 9-10 dólares/GJ para 2050.

figura 9: desarrollo del PIB en el mundo por regiones, 2002 y desarrollo de los costes futuros a 2050

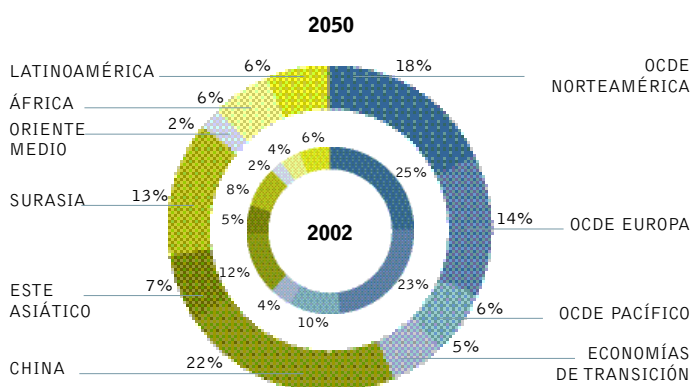


tabla 3: previsiones de desarrollo del PIB

(TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL)

	2002-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050	<b>2002-2050</b>
El mundo	3,7%	3,2%	2,7%	2,3%	2,0%	<b>2,7%</b>
OECD Europa	2,4%	2,2%	1,7%	1,3%	1,1%	<b>1,7%</b>
OECD Norteamérica	3,2%	2,4%	1,9%	1,6%	1,5%	<b>2,1%</b>
OECD Pacífico	2,5%	1,9%	1,7%	1,5%	1,4%	<b>1,8%</b>
Economías de transición	4,6%	3,7%	2,9%	2,6%	2,5%	<b>3,2%</b>
China	6,4%	4,9%	4,0%	3,2%	2,6%	<b>4,1%</b>
Este Asiático	4,5%	3,9%	3,1%	2,5%	2,2%	<b>3,2%</b>
Surasia	5,5%	4,8%	4,0%	3,2%	2,5%	<b>3,9%</b>
Latinoamérica	3,4%	3,2%	2,9%	2,6%	2,4%	<b>2,9%</b>
África	4,1%	3,8%	3,4%	3,4%	3,4%	<b>3,6%</b>
Oriente Medio	3,5%	3,0%	2,6%	2,3%	2,0%	<b>2,6%</b>

fuentes 2002-2030 AIE 2004; 2030-2050 ESTIMACIONES PROPIAS

**imagen** MINA DE LIGNITO A CIELO ABIERTO EN HAMBACH. ESCAVADORA GIGANTE.



## estimaciones de precios para biomasa

Comparado con los combustibles fósiles, los precios de la biomasa son muy variables, desde la gratuidad o los bajos precios de los residuos o biomasa tradicional en África o Asia hasta los precios comparativamente elevados de los biocombustibles elaborados a partir de cultivos energéticos. A pesar de esta variabilidad, se incluyeron los precios de la biomasa para Europa<sup>8</sup> hasta el año 2030 y se complementaron con estimaciones propias hasta 2050. Los precios en aumento de la biomasa

**tabla 4: estimaciones sobre la evolución de los precios de los combustibles fósiles**

	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Crudo en \$2000/bbl	28,0	62,0	75,0	85,0	93,0	<b>100,0</b>
Gas natural en \$2000/GJ						
– América	3,1	4,4	5,6	6,7	8,0	<b>9,2</b>
– Europa	3,5	4,9	6,2	7,5	8,8	<b>10,1</b>
– Asia	5,3	7,4	7,8	8,0	9,2	<b>10,5</b>
Carbón mineral \$2000/t	42,3	59,4	66,2	72,9	79,7	<b>86,4</b>

**tabla 5: estimaciones sobre la evolución de los precios de la biomasa**

BIOMASS	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Biomasa en \$2000/GJ						
– Europa	4,8	5,8	6,4	7,0	7,3	<b>7,6</b>
– Otras Regiones	1,4	1,8	2,3	2,7	3,0	<b>3,2</b>

**tabla 7: evolución de la eficiencia y de los costes de inversión para tecnologías de centrales térmicas seleccionadas**

	2010	2030	2050	
Central térmica de condensación alimentada a carbón	Eficiencia (%)	41	45	<b>48</b>
	Costes de inversión (\$/kW)	980	930	<b>880</b>
	Costes de generación de electricidad incluyendo costes emisiones de CO <sub>2</sub> (\$cént/kWh)	6,0	7,5	<b>8,7</b>
	Emisiones de CO <sub>2</sub> a) (g/kWh)	837	728	<b>697</b>
Central térmica de condensación alimentada a petróleo	Eficiencia (%)	39	41	<b>41</b>
	Costes de inversiones (\$/kW)	670	620	<b>570</b>
	Costes de generación de electricidad incluyendo costes emisiones de CO <sub>2</sub> (\$cént/kWh)	22,5	31,0	<b>46,1</b>
	Emisiones de CO <sub>2</sub> a) (g/kWh)	1.024	929	<b>888</b>
Ciclo combinado de gas natural	Eficiencia (%)	55	60	<b>62</b>
	Costes de inversión (\$/kW)	530	490	<b>440</b>
	Costes de generación de incluyendo costes de emisiones de CO <sub>2</sub> (\$cént/kWh)	6,7	8,6	<b>10,6</b>
	Emisiones de CO <sub>2</sub> a) (g/kWh)	348	336	<b>325</b>

### referencia

**8** (SÓLO EUROPA) NITSCH ET AL. (2004) Y LA BASE DE DATOS GEMIS (ÖKO-INSTITUT, 2005)

**fuentes** DLR, 2006 " SE REFIERE ÚNICAMENTE A LAS EMISIONES DIRECTAS, LAS EMISIONES DE CICLO DE VIDA NO SON TRATADAS AQUÍ/AÑADIR LOS COSTES POR KWH CON DIFERENTES PRECIOS DE COMBUSTIBLE (BAJO, MEDIO Y ALTO)/AÑADIR LOS FACTORES DE EMISIÓN (KG CO<sub>2</sub> / KWH), COSTES BASADOS EN LA SITUACIÓN EN EEUU

reflejan la continua relación entre los precios del biocombustible y el combustible fósil y una cuota creciente de los cultivos energéticos. Para otras regiones se asumieron unos precios menores, considerando las grandes cantidades de biomasa utilizada en los países en vías de desarrollo y el elevado potencial de residuos aún no utilizados de Norteamérica y por las economías de transición.

## coste de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Asumiendo el establecimiento a largo plazo de un sistema de comercio de emisiones de CO<sub>2</sub> en todo el mundo, se debe incluir el precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> en el cálculo de los costes de generación de electricidad, aunque la proyección de precios de las emisiones es aún más incierta que la de los precios energéticos. La AIE asume un 'incentivo de reducción de CO<sub>2</sub>' de 25 dólares/t<sub>CO2</sub> en 2050. El proyecto europeo CASCADE-MINTS, por otra parte, asume unos precios del CO<sub>2</sub> de 50 dólares/t<sub>CO2</sub> para 2020 y de 100 dólares/t<sub>CO2</sub> después de 2030. Para dicho escenario se han asumido unos precios del CO<sub>2</sub> de 50 dólares/t<sub>CO2</sub> para 2050, el doble de las estimaciones de la AIE pero aún bastante conservadores comparado con otros estudios. Los precios de las emisiones de CO<sub>2</sub> serán tenidos en cuenta en los países no incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto sólo a partir de 2020.

**tabla 6: estimaciones sobre la evolución de los precios de emisiones de CO<sub>2</sub>**

PAÍSES	2010	2020	2030	2040	2050
Anexo B Kyoto	10	20	30	40	<b>50</b>
Anexo B		20	30	40	<b>50</b>

### evolución de los precios energéticos convencionales. Resumen

En la tabla 7 se ofrece un resumen de los costes esperados en inversiones para diversas tecnologías de combustibles fósiles con diferentes niveles de eficiencia.

### estimaciones de precios de las energías renovables

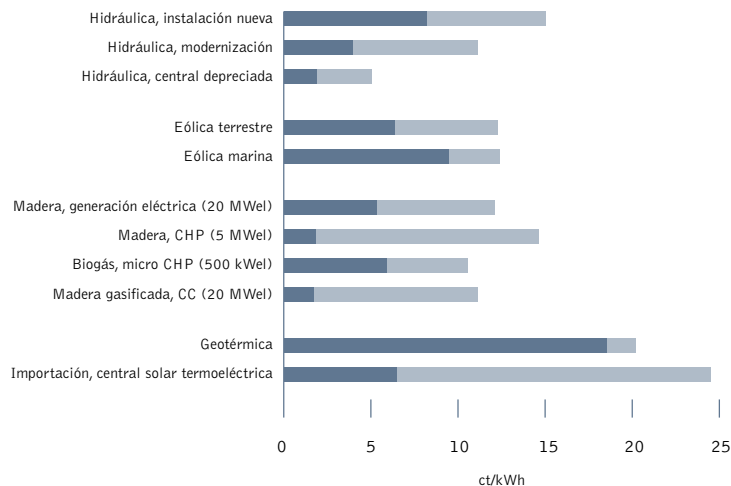
Las diferentes tecnologías disponibles hoy día para generar energía renovable ofrecen unas marcadas diferencias entre sí en términos de madurez técnica, costes y potencial para su desarrollo. Mientras que la hidráulica ha sido ampliamente utilizada desde hace décadas, otras tecnologías, como la gasificación de la biomasa, no han encontrado aún su madurez en el mercado. Por su naturaleza, algunas fuentes de energía renovable, como la energía eólica y la solar, ofrecen un suministro variable, necesitando una coordinación supervisada con la red de distribución. Y aunque en muchos casos se trata de tecnologías 'distribuidas' (es decir, su producción es generada y utilizada localmente para el consumidor), en el futuro asistiremos también a aplicaciones a gran escala en forma de parques eólicos marinos o plantas de energía solar de concentración (CSP).

Utilizando las ventajas individuales de las diferentes tecnologías y vinculándolas entre sí, puede desarrollarse, hasta la madurez de mercado, un amplio espectro de opciones disponibles para su integración paulatina en las estructuras de suministro existentes. Ello a su vez pondrá en el mercado un conjunto suplementario de tecnologías ambientalmente sostenibles para el suministro eléctrico y la provisión de combustibles.

La mayoría de las tecnologías renovables utilizadas hoy día se encuentran en su primera etapa de desarrollo, por lo que sus precios son generalmente más elevados que los sistemas convencionales con los cuales compiten. Los precios también pueden depender de condiciones locales como el régimen de los vientos, la disponibilidad en los suministros de biomasa barata o la necesidad de conservación de la naturaleza a la hora de construir una nueva central hidráulica. No obstante lo anterior, existe un gran potencial de reducción de costes gracias a mejoras técnicas y de fabricación y a una producción a gran escala, especialmente durante el largo periodo de tiempo contemplado en este estudio.

Con objeto de identificar evoluciones de precios a largo plazo se han aplicado curvas de aprendizaje que reflejan la correlación existente entre la capacidad acumulativa y la evolución de los precios. Para muchas tecnologías, el factor de aprendizaje (o índice de progreso) se sitúa entre 0,75 para sistemas menos evolucionados y 0,95, o más, para tecnologías bien establecidas. Un factor de aprendizaje de 0,9 significa que se espera una caída de los precios de un 10% cada vez que se doble el resultado acumulativo de la tecnología. Los índices de progreso específicos de la tecnología proceden de diferente documentación<sup>9</sup>. Por ejemplo, esto demuestra que el factor de aprendizaje para los módulos solares de FV ha sido bastante constante a 0,8 durante 30 años, mientras que para la energía eólica varía de 0,75 en el Reino Unido a 0,94 en el mercado alemán, más avanzado.

**figura 10: gama de precios de generación de electricidad actuales de fuentes de energía renovable en Europa**  
(EXCLUYENDO LA FV, CON UNOS PRECIOS DE 25 A 50 \$CÉNT/KWH). LOS EXTREMOS ALTO (COLOR CLARO) Y BAJO (COLOR OSCURO) DE LA GAMA REFLEJAN LAS DIFERENTES CONDICIONES LOCALES: RÉGIMEN DE VIENTOS, RADIACIÓN SOLAR, ETC.



**Imagen** GREENPEACE DONA UNA INSTALACIÓN SOLAR A UNA ALDEA COSTERA EN ACEH, INDONESIA, UNA DE LAS ZONAS MÁS GOLPEADAS POR EL TSUNAMI DE 2004. EN COOPERACIÓN CON UPLINK, UNA ONG LOCAL, GREENPEACE OFRECIÓ SU EXPERIENCIA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES E INSTALÓ GENERADORES DE ENERGÍA RENOVABLE PARA UNA DE LAS ALDEAS MÁS AFECTADAS POR EL TSUNAMI DEL PASADO AÑO.



## 1. fotovoltaica (FV)

Aunque el mercado mundial de la energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento de un 40% anual durante los últimos años, su contribución a la generación de electricidad es aún muy pequeña. El trabajo de desarrollo se enfoca en la mejora de los módulos existentes y de los componentes del sistema y en el desarrollo de nuevos tipos de células en el sector de láminas delgadas y de nuevos materiales para células cristalinas. Se espera que la eficiencia de las células cristalinas comerciales mejore logrando entre un 15 y un 20% durante los próximos años, y que el sector de células de láminas delgadas sea comercialmente viable ya que utiliza menos materias primas.

El factor de aprendizaje para módulos FV ha sido relativamente constante durante un periodo de 30 años, alrededor de 0,8, lo que indica un alto índice continuado de aprendizaje técnico y reducción de costes. Asumiendo una capacidad de instalación global de 2.000 GW en 2050 y una disminución del índice de aprendizaje a partir de 2030, pueden esperarse unos costes por generación de electricidad de entre 5-9 céntimos/kWh para 2050<sup>9</sup>.

Comparado con otras tecnologías que utilizan renovables, la energía fotovoltaica debe clasificarse como una opción a largo plazo. Su importancia deriva de su magnífica flexibilidad y su enorme potencial técnico para la electrificación rural para los 2 mil millones de personas que actualmente no tiene acceso a la electricidad.

## 2. plantas de energía solar térmica de concentración (CSP)

Las plantas termosolares 'de concentración' sólo pueden utilizar luz solar directa, por lo que dependen de emplazamientos donde haya una alta radiación. Por ejemplo, el norte de África tiene un potencial técnico que excede con mucho la demanda local. Las diferentes tecnologías térmicas (parabólicas, torres y concentradores parabólicos) ofrecen buenas expectativas para un futuro desarrollo y reducciones de precios. Un objetivo importante es la creación de grandes reservas de energía térmica para aumentar el tiempo de funcionamiento de estos sistemas más allá del periodo solar.

Debido al número tan reducido de plantas de energía solar de concentración (CSP) construidas hasta la fecha, es difícil llegar a factores de aprendizaje fiables para este sector. En este informe se asume que el factor de aprendizaje de 0,88, derivado de los datos sobre las parabólicas con reflectores construidas en California, cambiará a 0,95 en el curso de su lanzamiento al mercado hasta 2030. Según predicciones del World Energy Assessment de la ONU, la generación de electricidad termosolar experimentará un crecimiento de mercado dinámico similar al de la industria eólica, pero con una demora de 20 años. Dependiendo del nivel de irradiación y del modo de operación, se esperan unos costes por generación de electricidad de 5-8 céntimos/kWh, lo cual presupone una rápida introducción en el mercado en los próximos años.

## 3. colectores termosolares para calentamiento y enfriamiento

Los pequeños sistemas colectores termosolares para calentamiento de agua y calentamiento auxiliar son ya una realidad y se utilizan para una extensa variedad de aplicaciones. Por otra parte, los depósitos térmicos estacionales de gran tamaño capaces de almacenar calor en el verano hasta que se necesite en invierno se encuentran sólo como plantas piloto. Sólo con sistemas calefactores locales con almacenamiento estacional sería posible incorporar grandes cantidades de energía solar al mercado de calentamiento a baja temperatura. Serán factores cruciales para su lanzamiento en el mercado unos bajos costes de almacenamiento y un rendimiento térmico adecuado.

Los datos para el mercado europeo de colectores muestran un factor de aprendizaje de casi 0,90 para colectores solares, que indica la presencia de un sistema relativamente bien desarrollado desde un punto de vista tecnológico, mientras que se espera que a largo plazo la construcción de depósitos térmicos estacionales experimente una reducción de costes de más del 70%. Dependiendo de la configuración del sistema, a largo plazo será posible obtener unos costes en termosolar de entre 4 y 7 céntimos/kWh<sub>térmicos</sub>.

## 4. energía eólica

En un corto periodo de tiempo, el desarrollo dinámico de la energía eólica ha contribuido al establecimiento de un potente mercado global. Las turbinas eólicas más grandes del mundo, varias de las cuales se encuentran en Alemania, tienen una capacidad de 6 MW, pero en años recientes se ha estancado el precio de nuevos sistemas en algunos países debido al gran nivel de demanda y a las considerables inversiones por parte de los fabricantes para desarrollar y lanzar al mercado nuevos sistemas. El resultado de ello es que los factores de aprendizaje observados para las turbinas eólicas construidas entre 1990 y 2000 en Alemania fueron de sólo 0,94. No obstante, dado que los desarrollos técnicos han llevado implícitos incrementos del rendimiento específico, los costes de generación de electricidad se reducirán aún más. Debido a la relativa falta de experiencia en el sector marino, se espera un mayor potencial de reducción en este sector, con una tasa de aprendizaje correspondientemente mayor.

Mientras que las expectativas reflejadas en Perspectivas Energéticas Mundiales 2004 de la AIE para el sector de la energía eólica son de un crecimiento de sólo 330 GW para 2030, en el World Energy Assessment de las Naciones Unidas se asume un nivel de saturación global del orden de 1.900 GW para la misma fecha. El informe Perspectivas Globales de la Eólica (2006)<sup>11</sup> prevé una capacidad global de hasta 3.000 GW para 2050. Así, se obtiene una curva de aprendizaje para turbinas eólicas combinando los factores de aprendizaje observados con unas estimaciones de alto crecimiento del mercado, orientadas hacia el Perspectivas Globales de la Eólica, que indica una reducción de los precios de las turbinas eólicas de un 40% hasta 2050.

### referencias

**9** DLR 2006, DR. WOLFRAM KREWITT ET. AL.

**10** EPIA/GREENPEACE INTERNATIONAL: SOLARGENERATION 2006

**11** EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION Y GREENPEACE

## 5. biomasa

El factor crucial para la economía en el uso de la biomasa es el coste de la materia prima principal, que hoy día va desde un coste negativo de los desechos de madera (sin contar el crédito para la eliminación de desechos) y el uso de materiales residuales baratos hasta las cosechas energéticas más costosas, con lo que resulta amplio el espectro resultante de costes de generación de energía. Una de las opciones más económicas es el uso de madera de desecho en unidades de cogeneración de calor y electricidad (PCCE) con plantas combinadas de calor y electricidad con turbina de vapor (CHP). Por otra parte, la gasificación de biocombustibles sólidos, que abre un amplio espectro de aplicaciones, es aún relativamente costosa. A largo plazo se espera obtener unos costes favorables de producción de electricidad utilizando madera gasificada en micro unidades PCCE (motores y celdas de combustible) y en centrales térmicas de gas y vapor. También existe un gran potencial para el uso de biomasa sólida para la generación de calor en centros térmicos pequeños y grandes vinculados a las redes térmicas locales. La conversión de cosechas en etanol y el 'biodiesel' elaborado a partir del RME (metil éster de semilla de colza) ha ganado importancia en los últimos años, por ejemplo en Brasil y en EEUU. También jugarán un papel cada vez más importante los procesos para obtener combustibles sintéticos a partir de gases biogénicos de síntesis.

En Latinoamérica, Europa y economías de transición existe un gran potencial para explotar las nuevas tecnologías en unidades estacionarias o en el sector transportes. Para dichas regiones se estima que, a largo plazo, el 60% del potencial de la biomasa provendrá de cultivos energéticos y, el resto, de residuos forestales, desechos de madera industriales y paja.

En otras regiones, como Oriente Medio, Surasia o China, el uso adicional de biomasa está restringido debido a una disponibilidad generalmente baja o a un uso tradicionalmente elevado. Para este último país en concreto, el empleo de tecnologías más eficientes mejorará la sostenibilidad en el uso actual de la biomasa.

## 6. geotérmica

La energía geotérmica se utiliza desde hace tiempo en todo el mundo para generar calor, mientras que la generación de electricidad está limitada a unas cuantas instalaciones con unas condiciones geológicas específicas. Actualmente se necesita una mayor investigación y trabajos de desarrollo con el fin de acelerar su progreso, especialmente con la creación de grandes superficies subterráneas de intercambio térmico (tecnología de rocas secas calientes HDR) y se debe optimizar la mejora de las centrales de cogeneración con el proceso ORC (Organic Rankine Cycle – Ciclo orgánico Rankine) en proyectos futuros.

Dado que una parte importante de los costes de una central geotérmica provienen los trabajos de perforación en profundidad, pueden utilizarse los

datos del sector petrolífero, donde se observan factores de aprendizaje de menos de 0,8. Asumiendo un crecimiento medio del mercado global de la capacidad geotérmica de un 9% anual hasta 2020, reducido al 4% a partir de 2030, se observaría un potencial de reducción de costes del 50% para 2050, con lo cual, a pesar de las cifras actuales tan altas (unos 20 cént/kWh), a largo plazo se espera una disminución de los costes de producción de electricidad (dependiendo del precio del suministro térmico) a unos 6-10 cént/kWh. La energía geotérmica, al tratarse de un suministro no fluctuante, se considera el elemento clave en una estructura de suministro futuro basado en fuentes de energía renovable.

## 7. hidráulica

La energía hidráulica es una tecnología desarrollada utilizada desde hace tiempo para la generación económicamente viable de electricidad. Puede lograrse un potencial adicional principalmente modernizando y expandiendo los sistemas existentes. El potencial restante limitado de reducción de costes se verá probablemente mitigado por los problemas crecientes de desarrollo de emplazamientos y los crecientes requisitos medioambientales. Puede asumirse que para sistemas de pequeña escala, donde los costes de generación de electricidad son generalmente mayores, la necesidad de cumplir con requisitos ecológicos implicará unos costes proporcionalmente mayores que para sistemas grandes.

## resumen de la evolución de los precios de las energías renovables

En la Figura 12 se resumen las tendencias en cuanto a costes para tecnologías de energía renovable según las curvas de aprendizaje respectivas. Se debe hacer notar que la reducción de costes esperada no es básicamente una función del tiempo, sino de la capacidad acumulativa, por lo que se hace necesario un desarrollo dinámico del mercado. La mayoría de las tecnologías podrán reducir, para el año 2020, sus costes específicos de inversiones entre un 30% y un 60% de los niveles actuales, y entre un 20% y un 50% una vez hayan logrado su completo desarrollo (después de 2040).

La reducción de costes de inversión para tecnologías de energía renovable lleva directamente a la reducción de los costes de generación de electricidad y calor, como se observa en la Figura 12. Los costes de generación actuales son del orden de 8 a 20 céntimos/kWh para las tecnologías más importantes, con la excepción de las fotovoltaicas. A largo plazo se espera que los costes se sitúen entre 4 y 10 céntimos/kWh. Estas estimaciones dependen de condiciones específicas de cada emplazamiento tales como el régimen de vientos local o la irradiación solar, de la disponibilidad de la biomasa a precios razonables o del crédito concedido para suministro térmico en el caso de generación combinada de calor y electricidad.

**Referencias para la sección de estimaciones de costes** AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA: "ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES – SCENARIOS AND STRATEGIES TO 2050" (IEA 2006); "WORLD ENERGY OUTLOOK 2005" (IEA 2005); "WORLD ENERGY OUTLOOK 2004" (IEA 2004). ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, US DEPARTMENT OF ENERGY: "ANNUAL ENERGY OUTLOOK 2006 WITH PROJECTIONS TO 2030" (EIA 2006). COMISIÓN EUROPEA: "EUROPEAN ENERGY AND TRANSPORT – SCENARIOS ON KEY DRIVERS" (EUROPEAN COMMISSION, 2004). CASCADE (2006): [HTTP://WWW.E3MLAB.NTUA.GR/CASCADE.HTML](http://www.e3mlab.ntua.gr/cascade.html). NITSCH, J.; KREWITT, W.; NAST, M.; VIEBAHN, P.; GÄRTNER, S.; PEHNT, M.; REINHARDT, G.; SCHMIDT, R.; UHLEIN, A.; BARTHEL, C.; FISCHEDICK, M.; MERTEN, F.; SCHEURLEN, K. (2004): ÖKOLOGISCH OPTIMIERTER AUSBAU DER NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN DEUTSCHLAND. EN: BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [ED.]: UMWELTPOLITIK, KÖLLEN DRUCK. ÖKO-INSTITUT (2005): GLOBAL EMISSION MODEL FOR INTEGRATED SYSTEMS (GEMIS), VERSION 4.3; INSTITUTE FOR APPLIED ECOLOGY E.V.; [HTTP://WWW.GEMIS.DE](http://www.gemis.de). WBGU (2003): ÜBER KIOTO HINAUS DENKEN – KLIMASCHUTZSTRATEGIEN FÜR DAS 21. JAHRHUNDERT. SONDERGUTACHTEN DES WISSENSCHAFTLICHENBEIRATS DER BUNDESREGIERUNG FÜR GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNG, BERLIN, 2003. [HTTP://WWW.WBGU.DE/WBGU\\_SN2003.HTML](http://www.wbgu.de/wbgu_sn2003.html)

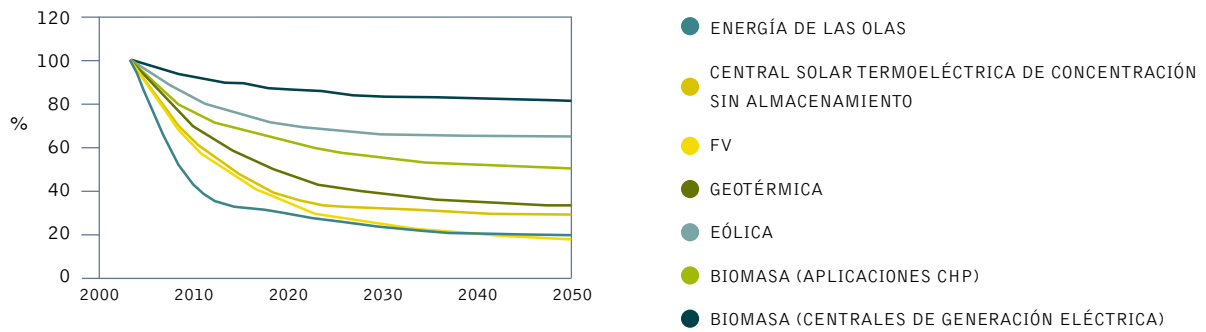


**Imagen** CENTRAL NUCLEAR CON TORRES DE REFRIGERACIÓN.

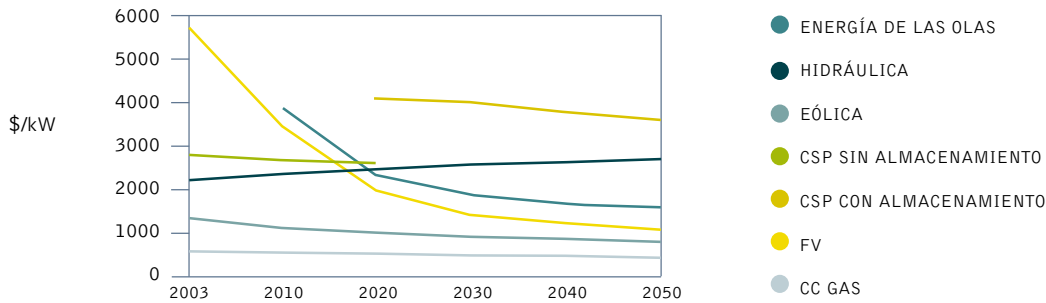


**figura 11: desarrollo futuro de los costes de inversión**

(NORMALIZADOS A NIVELES DE COSTES ACTUALES) PARA TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES, DERIVADOS DE LAS CURVAS DE APRENDIZAJE

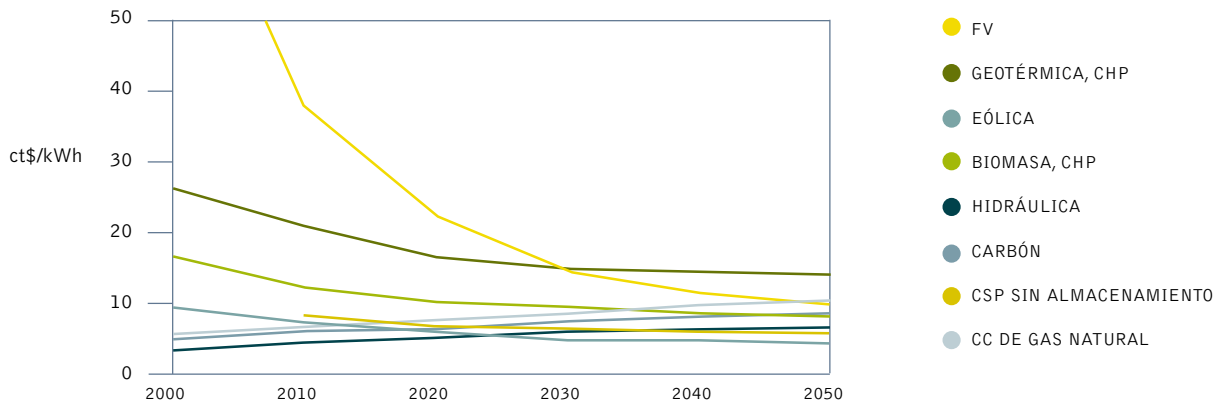


**figura 12: evolución esperada de los costes de generación de electricidad con combustibles fósiles y energías renovables**



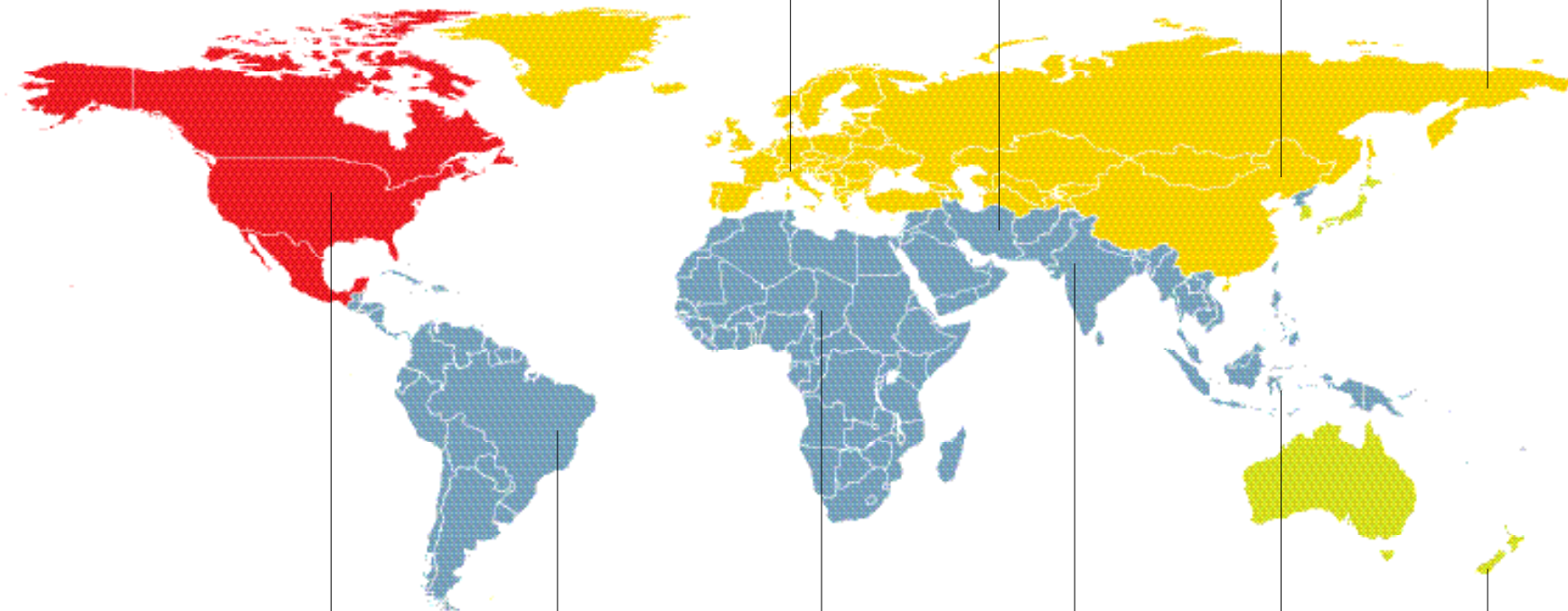
**Fuente** CIFRAS PARA OCDE EUROPA, TERMOSOLAR PARA ORIENTE MEDIO. (LOS COSTES DE GENERACIÓN DEPENDEN EN PARTE DE LOS COSTES DE COMBUSTIBLES ESPECÍFICOS DE CADA EMPLAZAMIENTO Y DE LOS CRÉDITOS ENERGÉTICOS).

**figura 13: evolución esperada de los costes de la generación de electricidad de combustible fósil y energía renovable**



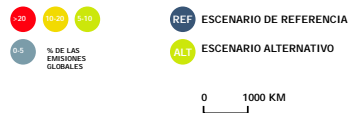
**Fuente** CIFRAS PARA OCDE EUROPA, TERMOSOLAR PARA ORIENTE MEDIO. (LOS COSTES DE GENERACIÓN DEPENDEN EN PARTE DE LOS COSTES DE COMBUSTIBLES ESPECÍFICOS DE CADA EMPLAZAMIENTO Y DE LOS CRÉDITOS ENERGÉTICOS).

mapa 2: emisiones de CO2 según el escenario de referencia y el escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



# EMISIONES CO<sub>2</sub>

## LEYENDA



**CO<sub>2</sub>** EMISIONES TOTALES  
MILLONES DE TONELADAS [mio t] | % AUMENTO/DESCENSO DESDE 2003 |  
% AUMENTO/DESCENSO DESDE 1990

**ψ** EMISIONES POR PERSONA TONELADAS [t]

H MAYOR | M MEDIA | L MENOR

### OCDE NOROCCIDENTE

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	6,64M		6,64M	
2050	9,29M	+40	1,787	-73/-68
ψ	16M		16M	
2050	16M		3	

### AMÉRICA LATINA

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	802		802	
2050	3,200	+300	442	-45M/-34
ψ	2		2	
2050	5		1	

### ÁFRICA

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	727		727	
2050	3,440	+373M	1,075	+48M/+21
ψ	11		11	
2050	2		1	

### SURASIA

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	1,126		1,126	
2050	4,039M	+259	1,077	-4/-47
ψ	11		11	
2050	2		0.5	

### ESTE ASIÁTICO

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	1,063		1,063	
2050	3,726	+250	831	-22/-22
ψ	2		2	
2050	4		1	

### OCDE PACÍFICO

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	1,871		1,871	
2050	2,259	+21	700	-63/-29
ψ	9		9	
2050	12		4M	

### OCDE EUROPA

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	3,886		3,886	
2050	5,210	34%	1,160M	-70/-71
ψ	7		7	
2050	10		2M	

### ORIENTE MEDIO

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	1,004		1,004	
2050	2,116	+111	493	-51/-22
ψ	6M		6M	
2050	6M		1	

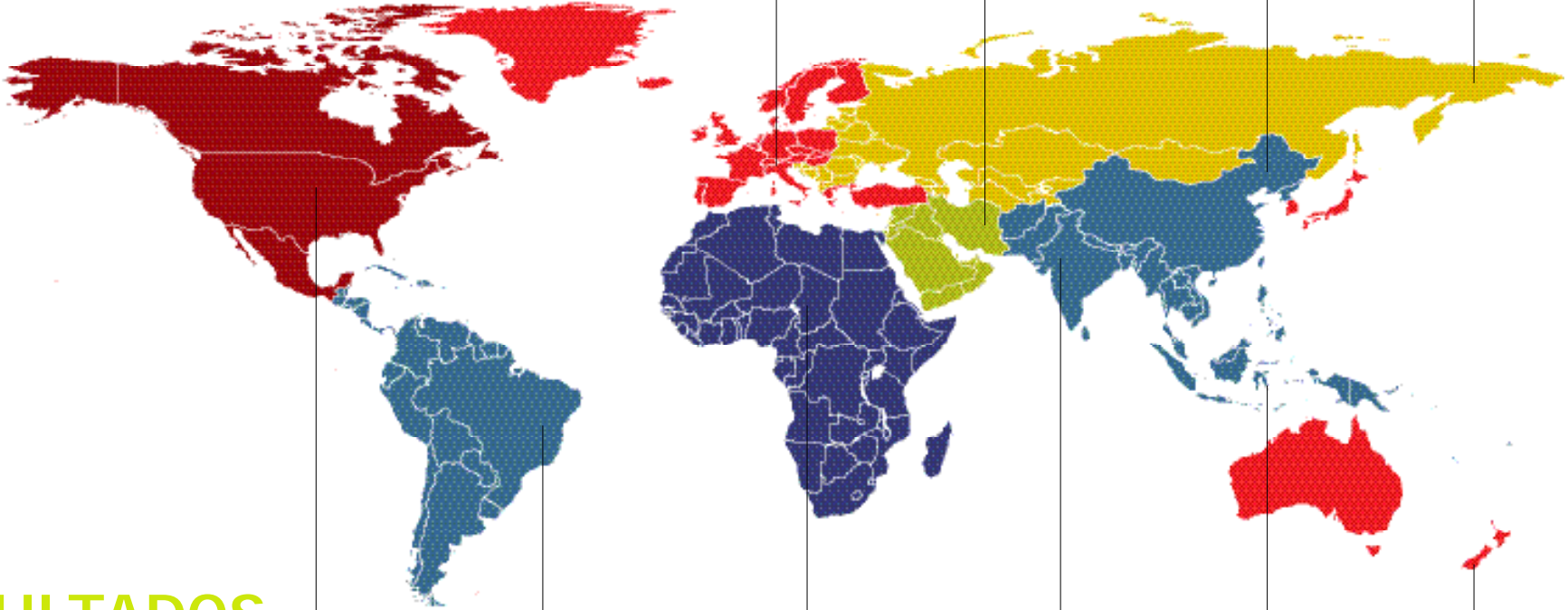
### CHINA

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	3,313		3,313	
2050	8,547	+158	3,284M	-11/-30
ψ	3		3	
2050	6M		2M	

### ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN

CO <sub>2</sub>	REF		ALT	
	mio t	%	mio t	%
2003	2,685M		2,685M	
2050	3,655	+36	745	-72/-81
ψ	8		8	
2050	13		3	

mapa 1: resultados del escenario de referencia y del escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



# ESCENARIO RESULTADOS

## LEYENDA



H MAYOR | M MEDIA | L MENOR  
PE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA/DEMANDA EN PETA JULIOS (PJ)  
EL PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD/GENERACIÓN EN TERAWATIOS HORA (TWH)

## OCDE EUROPA

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	76.319	3.323	76.319	3.323
2050	93.356	4.988	50.999	3.141
%	%	%	%	%
☀️ 2003	7	18M	7	18M
2050	12	28	48	80M
%	%	%	%	%
💧 2003	79	53	79	53
2050	84M	64	52M	20
%	%	%	%	%
🔌 2003	14H	30H	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	4M	8	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## ORIENTE MEDIO

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	17.569	554	17.569	554
2050	39.205L	1.941L	20.171L	1.671
%	%	%	%	%
☀️ 2003	1L	3L	1L	3L
2050	1L	4L	53	84
%	%	%	%	%
💧 2003	99H	97H	99H	97H
2050	98H	96H	47	16
%	%	%	%	%
🔌 2003	0L	0L	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	0L	0L	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## CHINA

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	55.379	1.943	55.379	1.943
2050	127.688	9.045	76.066H	7.556H
%	%	%	%	%
☀️ 2003	19M	15	19M	15
2050	12M	16M	34L	53L
%	%	%	%	%
💧 2003	80M	82	80M	82
2050	85	80	66H	47H
%	%	%	%	%
🔌 2003	1	2	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	3	4	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	45.472M	1.574	45.472M	1.574
2050	67.537	3.287	37.669M	2.413
%	%	%	%	%
☀️ 2003	4	18M	4	18M
2050	7M	14	58	79
%	%	%	%	%
💧 2003	90	64	90	64
2050	90	79M	42	21
%	%	%	%	%
🔌 2003	7	18M	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	3	6M	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## OCDE NOROCCIDENTAL

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	113.980M	4.857H	113.980M	4.857H
2050	161.936H	8.960H	69.874	4.605
%	%	%	%	%
☀️ 2003	6	15	6	15
2050	8	16M	52M	8
%	%	%	%	%
💧 2003	86	67M	86	67H
2050	86	75	48	20
%	%	%	%	%
🔌 2003	8	18M	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	6	9	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## AMÉRICA LATINA

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	19.393	830	19.393	830
2050	62.854	3.982	30.220	2.308
%	%	%	%	%
☀️ 2003	28	71H	28	71H
2050	15	33H	70H	90H
%	%	%	%	%
💧 2003	71	27L	71	27L
2050	84M	66	30L	10L
%	%	%	%	%
🔌 2003	1	3	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	1	1	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## ÁFRICA

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	22.292	502L	22.292	502L
2050	74.255M	3.852	43.869	2.698
%	%	%	%	%
☀️ 2003	47H	17	47H	17
2050	29H	5	58	56
%	%	%	%	%
💧 2003	53L	80	53L	80
2050	71L	94	42	44
%	%	%	%	%
🔌 2003	1	3	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	0L	0L	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## SURASIA

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	26.921	744	26.921	744
2050	71.709	4.551M	37.220	2.790M
%	%	%	%	%
☀️ 2003	41	15	41	15
2050	20	9	50M	59
%	%	%	%	%
💧 2003	58	82	58	82
2050	77	87	50	41%
%	%	%	%	%
🔌 2003	1	3	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	3	4	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## ESTE ASIÁTICO

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	22.348	686	22.348	686
2050	99.955	3.232	32.400	2.133L
%	%	%	%	%
☀️ 2003	23	14	23	14
2050	10	13	51M	81
%	%	%	%	%
💧 2003	75	80	75	80
2050	88	85	49	19
%	%	%	%	%
🔌 2003	2	6	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	1	2	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## OCDE PACÍFICO

	REF		ALT	
	PE PJ	EL TWh	PE PJ	EL TWh
2003	35.076	1.649M	35.076	1.649M
2050	46.716	2.661	23.616	1.619
%	%	%	%	%
☀️ 2003	3	10	3	10
2050	7	17	37	70M
%	%	%	%	%
💧 2003	85	67M	85	67
2050	79	60L	63	30M
%	%	%	%	%
🔌 2003	11	22	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	
2050	14H	23H	FIN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN 2030	

## el escenario global de [r]evolución energética

“UN AUMENTO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA Y EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN NO NECESARIAMENTE DESEMBOCA EN UN AUMENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA”



imagen TENDIDOS ELÉCTRICOS



### El desarrollo de la demanda de energía global en el futuro viene determinado por tres factores claves:

- Desarrollo de la población: el número de personas que consumen energía o utilizan servicios energéticos.
- Desarrollo económico, para el cual el indicador más utilizado es el Producto Interior Bruto (PIB). En general, un incremento del PIB dispara la demanda energética.
- Intensidad energética: la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de PIB.

Ambos escenarios, el de referencia y el de [r]evolución energética, se basan en las mismas proyecciones de desarrollo de la población y desarrollo económico, aunque el desarrollo futuro de la intensidad energética difiere entre ambos, teniendo en cuenta las medidas necesarias para incrementar la eficiencia energética bajo el escenario de [r]evolución energética.

### proyecciones de la evolución de la población

El escenario de referencia de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), que utiliza las proyecciones de evolución de la población de Naciones Unidas, pronostica un aumento de la población mundial de los 6,3 mil millones de habitantes actuales a 8,9 mil millones para 2050. Este crecimiento continuado cargará una presión adicional en los recursos energéticos y el medio ambiente.

### proyecciones de intensidad energética

Un incremento de la actividad económica y un crecimiento de la población no tienen necesariamente que provocar un aumento equivalente de la demanda. Existe aún un gran potencial para explotar medidas de eficiencia en materia de energía. Bajo el escenario de referencia, asumimos que la intensidad energética se reducirá a un ritmo anual de 1,3%, llevando a una reducción en la demanda final de energía por unidad de PIB del orden de un 45% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se asume que el apoyo activo, tanto a nivel político como técnico, de medidas en materia de eficiencia energética llevará a una reducción de la intensidad energética de casi el 70%.

### desarrollo de la demanda energética mundial

Combinando las proyecciones sobre desarrollo de la población, el aumento del PIB y la intensidad energética, se pueden observar futuras vías de desarrollo de la demanda energética en el mundo. Estas conclusiones se reflejan en la Figura 17 para los escenarios de referencia y de [r]evolución energética. Bajo el escenario de referencia se observa un crecimiento de casi el doble de la demanda de energía total, de la cifra actual de 310.000 PJ/a hasta un total de 550.000 PJ/a para 2050. Por el contrario, en el escenario de [r]evolución energética, se observa un aumento mucho menor, del 14%, en el consumo actual para 2050, alcanzando una demanda del orden de 350.000 PJ/a.

Un aumento acelerado en eficiencia energética, un requisito crucial para lograr una cuota suficientemente alta de uso de fuentes renovables en el suministro de energía, tendrá un efecto beneficioso no sólo para el medio ambiente, sino también desde un punto de vista económico. Teniendo en cuenta el ciclo de vida total, en la mayoría de los casos, la implantación de medidas de eficiencia energética permite ahorrar dinero, comparado con el aumento de suministro energético. Por esta razón, una estrategia de eficiencia energética bien planificada ayudará a compensar, en parte por los costes adicionales requeridos durante la fase de introducción en el mercado de fuentes de energía renovable.

Bajo el escenario de [r]evolución energética se espera un aumento desproporcionado de la demanda de electricidad, siendo los hogares y servicios las principales fuentes de aumento de consumo (ver Figura 18). Pero con la implantación de medidas de eficiencia puede evitarse un aumento aún mayor, alcanzándose una demanda de electricidad del orden de 26.000 TWh/a para el año 2050. Comparado con el escenario de referencia, las implantación de medidas de eficiencia permite evitar el uso de unos 13.000 TWh/a, una reducción de la demanda energética que puede lograrse en particular introduciendo dispositivos electrónicos altamente eficientes que empleen la mejor tecnología disponible en todos los sectores de demanda. El uso de arquitectura solar pasiva tanto en edificios residenciales como comerciales ayudará a disminuir la creciente demanda de refrigeración.

figura 15: proyección sobre el desarrollo de la población global

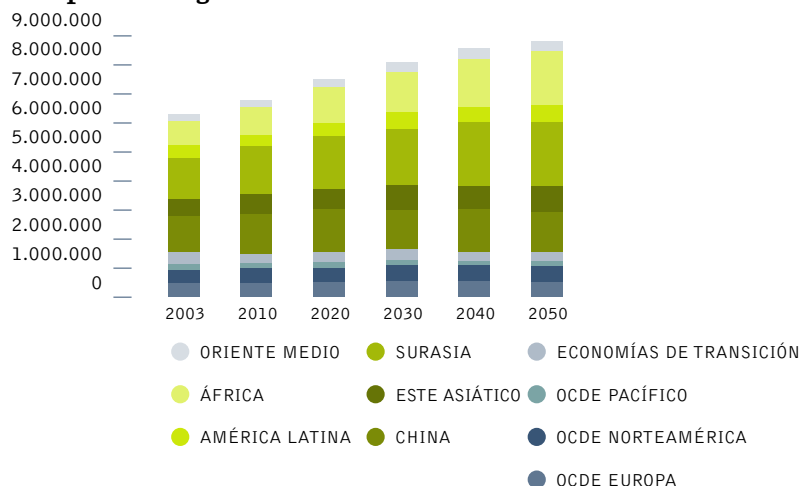
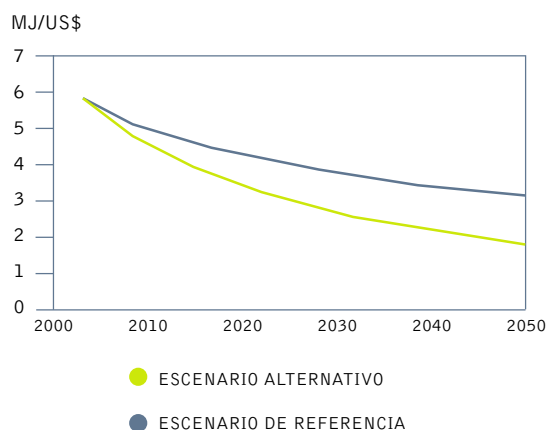


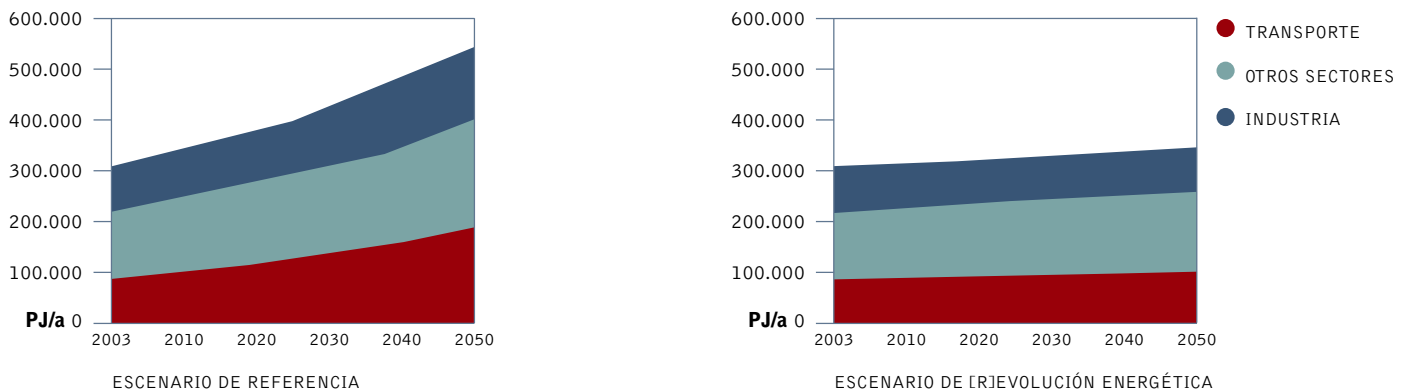
figura 16: proyección de la intensidad energética bajo los escenarios de referencia y de [r]evolución energética



Los beneficios en términos de eficiencia en el sector del suministro térmico son incluso mayores. Bajo el escenario de [r]energética, la demanda en el suministro térmico puede reducirse aún más (ver Figura 19). Comparado con el escenario de referencia, para 2050 se evitaría un consumo equivalente a 94.000 PJ/a gracias a los logros en materia de eficiencia. Como resultado de la renovación en materia energética de los edificios residenciales existentes y de la introducción de normativas de bajo consumo energético y 'casas pasivas' para los nuevos edificios, el disfrute de un confort y unos servicios energéticos equivalentes se verán acompañados por una demanda futura mucho menor.

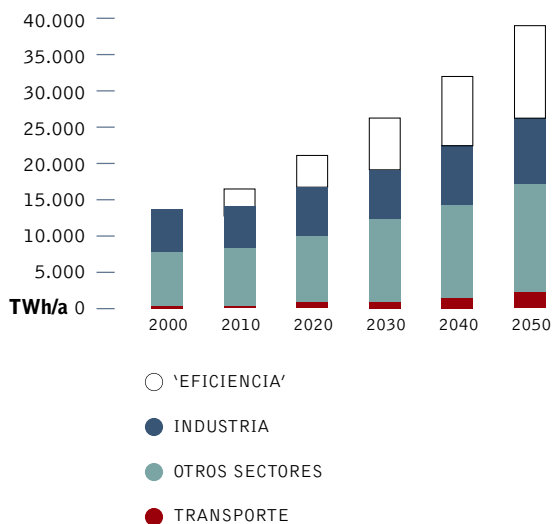
En el sector transporte, que no se analiza a fondo en el presente estudio, bajo el escenario de [r]evolución energética se estima un incremento de la demanda energética de un cuarto hasta una cifra de 100.600 PJ/a para el año 2050, con un ahorro del 80% comparado con el escenario de referencia. Esta reducción puede lograrse con la implantación de varias medidas, como la introducción de vehículos altamente eficientes, el desvío del transporte terrestre de mercancías hacia el ferrocarril y la introducción de medidas en los patrones de comportamiento relacionados con la movilidad.

**figura 17: proyección de la demanda global final de energía por sectores en el escenario de referencia y en el escenario de [r]evolución energética**



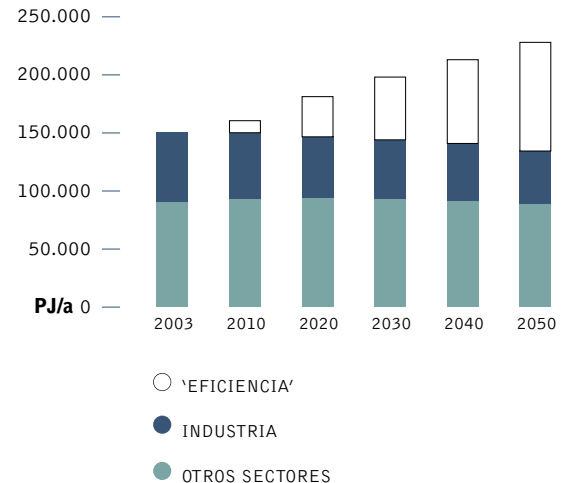
**figura 18: evolución de la demanda de electricidad por sectores en el escenario de [r]evolución energética**

('EFICIENCIA' = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA; OTROS SECTORES = SERVICIOS, HOGARES)



**figura 19: evolución de la demanda de suministro térmico en el escenario de [r]evolución energética**

('EFICIENCIA' = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)



**imagen** PANEL FOTOVOLTAICO (SOLAR) EN LA ISLA DE TOBI, ISLAS BELAU, PACÍFICO. ESTOS PANELES GENERAN TODA LA ELECTRICIDAD UTILIZADA EN LA ISLA DE TOBI.



## generación de electricidad

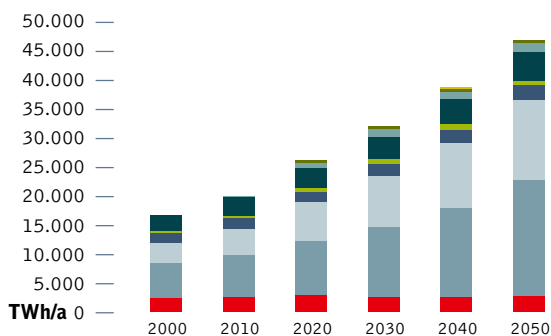
El desarrollo del sector de suministro eléctrico se caracteriza por un mercado de energía renovable en crecimiento dinámico y un aumento de la participación de la electricidad renovable. Esto compensará por el desmantelamiento programado de las centrales nucleares y reducirá el número de centrales eléctricas, alimentadas por combustibles fósiles, necesario para la estabilización de la red. Para el año 2050, el 70% de la electricidad producida en el mundo provendrá de fuentes de energía renovable. Las 'nuevas' energías renovables (principalmente la energía eólica, termosolar y FV) contribuirán en un 42% a la generación de electricidad. La siguiente estrategia abre el camino de un suministro de energía renovable futuro:

- Inicialmente se hará frente al desmantelamiento programado de las centrales nucleares y al aumento de la demanda de electricidad creando nuevas centrales térmicas de ciclo combinado de gas y electricidad altamente eficientes y aumentando la capacidad de las turbinas eólicas y la biomasa. A largo plazo la energía eólica será la fuente de generación de electricidad más importante.
- La energía solar, la hidráulica y las biomasas contribuirán de manera importante a la generación de electricidad. Y, al ser fuentes de energía renovable no fluctuantes, la energía hidráulica y la termosolar, combinadas con un almacenamiento térmico eficiente, son elementos importantes en el mix final de generación.

- Para 2050 se producirá un crecimiento de la capacidad instalada de las tecnologías de energía renovable de la cifra actual de 800 GW a 7.100 GW. El aumento de nueve veces la capacidad de las renovables en los próximos 43 años requiere tanto el apoyo político como el uso de políticas bien diseñadas. Durante los próximos 20 años se producirá una considerable demanda de inversiones en nuevas instalaciones de producción. Dada la larga duración de los ciclos de inversión en el sector energético, se deben tomar ya las decisiones pertinentes para la reestructuración del sistema de suministro energético mundial.

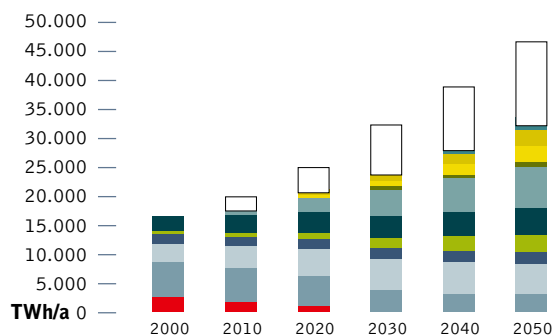
La movilización equilibrada y puntual de todas las tecnologías es de gran importancia para lograr un crecimiento atractivo desde el punto de vista económico de las fuentes de energía renovable. Esta movilización depende de potenciales técnicos, de la reducción de costes y de la madurez tecnológica. En la Figura 22, se observa la evolución comparativa de las tecnologías renovables en el tiempo. Hasta 2020, la hidráulica y la eólica serán las principales contribuidoras a la creciente participación en el mercado de las renovables. Después de 2020, el crecimiento continuado de la energía eólica se verá complementado por el de la electricidad procedente de la biomasa, la energía fotovoltaica y termosolar (CSP).

**figura 20: evolución del suministro eléctrico bajo el escenario de referencia**



**figura 21: evolución del suministro eléctrico bajo el escenario de [r]evolución energética**

('EFICIENCIA' = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)



- 'EFICIENCIA'
- GEOTÉRMICA
- CHP FÓSIL
- ENERGÍA DE LAS OLAS
- EÓLICA
- GAS & OIL
- CENTRAL SOLAR
- HIDRÁULICA
- CARBÓN
- TERMOELÉCTRICA DE CONCENTRACIÓN
- BIOMASA, CHP
- NUCLEAR
- PV

figura 22: crecimiento del suministro de electricidad renovable bajo el escenario de [r]evolución energética, de la fuente

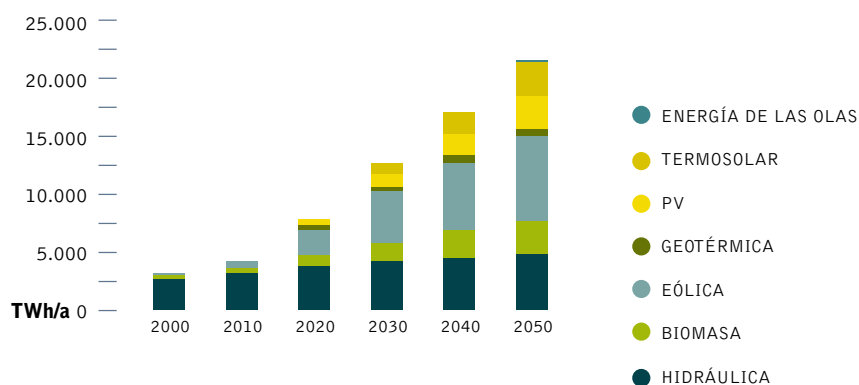


tabla 7: proyección de la capacidad de generación de electricidad renovable bajo el escenario de [r]evolución energética

EN MW	2003	2010	2020	2030	2050
Hidráulica	728.000	854.800	994.190	1.091.490	1.257.300
Biomasa	48.030	110.000	211.310	305.780	504.610
Eólica	30.280	156.150	949.800	1.834.290	2.731.330
Geotérmica	10.170	20.820	40.780	70.380	140.010
PV	560	22.690	198.900	727.820	2.033.370
Termosolar	250	2.410	29.190	137.760	404.820
Oceánica	240	2.250	13.530	28.090	63.420
<b>Total</b>	<b>817.000</b>	<b>1.169.120</b>	<b>2.437,700</b>	<b>4.195.610</b>	<b>7.134.860</b>





### suministro térmico

El desarrollo de las energías renovables en el sector del suministro térmico genera algunas preguntas. Hoy día las renovables suplen el 9% de la demanda de energía primaria para suministro térmico, siendo el uso de la biomasa la principal contribución. La falta de redes de calefacción por distritos es una seria barrera estructural para el uso a gran escala de energía geotérmica y termosolar. La experiencia muestra que es más fácil implantar servicios eficaces en el sector de la electricidad conectada a la red que en el mercado de la calefacción, que presenta características muy diferentes. Se necesitan servicios especiales para garantizar un desarrollo dinámico.

- Las medidas de eficiencia energética pueden contribuir en un 10% a la disminución de la demanda actual en el suministro térmico, a pesar de la mejora de los niveles de vida.
- Para el calentamiento directo, los colectores solares, la energía de biomasa/biogás y la energía geotérmica están sustituyendo cada vez más a los sistemas de combustible fósil.
- Un cambio del uso de carbón y petróleo por gas natural en las demás aplicaciones convencionales contribuirá a una mayor reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

figura 23: evolución del suministro térmico bajo el escenario de referencia

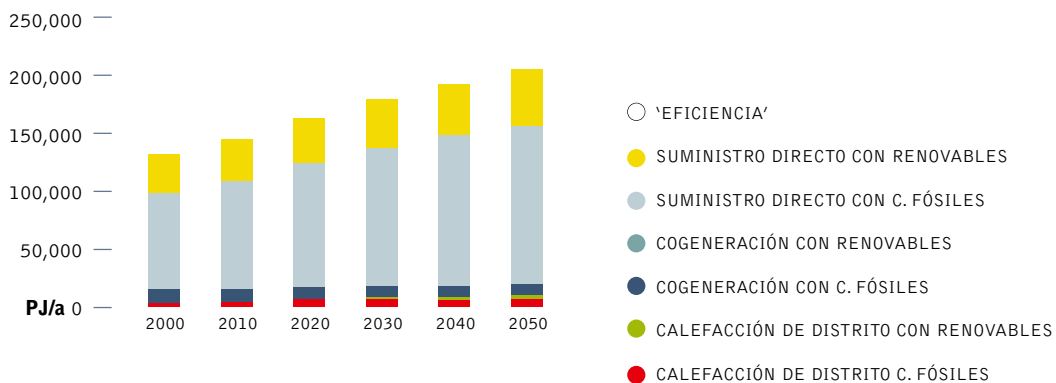
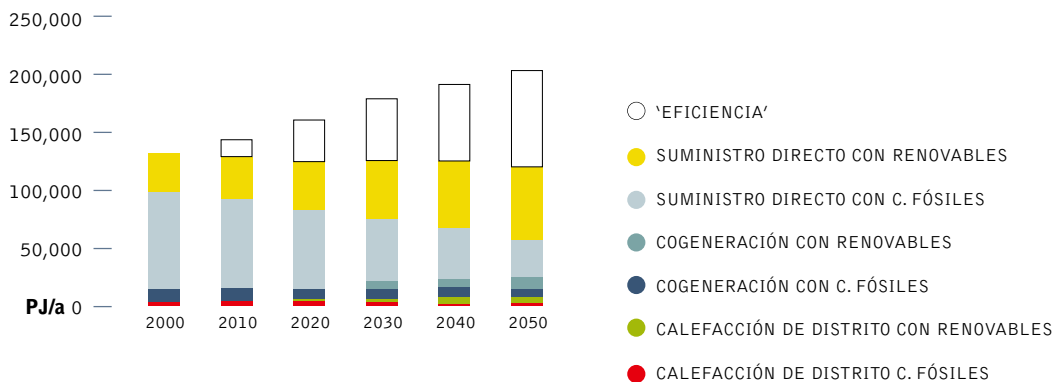


figura 24: evolución del suministro térmico bajo el escenario de [r]evolución energética

(‘EFICIENCIA’ = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)



### consumo de energía primaria

Teniendo en cuenta la estimaciones discutidas anteriormente, en la Figura 26 se observa el consumo resultante de energía primaria bajo el escenario de [r]evolución energética. Comparado con el escenario de referencia, se producirá una reducción general de la demanda energética de casi un 50% para 2050. Casi la mitad de la demanda restante se cubrirá con fuentes de energía renovable. Observe que, debido al empleo del 'método de eficiencia' para calcular el consumo de energía primaria, que postula que la cantidad de generación de electricidad a partir de la energía hidráulica, eólica, solar y geotérmica iguala al consumo de energía primaria, la cuota de participación de las renovables parece menor que su importancia real como proveedora de energía.

### evolución de las emisiones de CO2

Mientras que, bajo el escenario de referencia, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> casi se doblarían, bajo el escenario de [r]evolución energética disminuirían de 23.000 millones de toneladas de 2003 a 12.000 mt para 2050. Las emisiones anuales per cápita caerían de 4,0 t a 1,3 t. A pesar del desmantelamiento progresivo de las centrales nucleares y del aumento de la demanda, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuirían en el sector de la electricidad. A largo plazo, los logros, en cuanto a eficiencia y al uso creciente de biocombustibles, reducirán aún más las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector de transportes. Con una cuota del 36% del total de CO<sub>2</sub> para 2050, el sector eléctrico se situaría por debajo del de transporte que representaría la mayor fuente de emisiones.

figura 25: evolución del consumo de energía primaria bajo el escenario de referencia

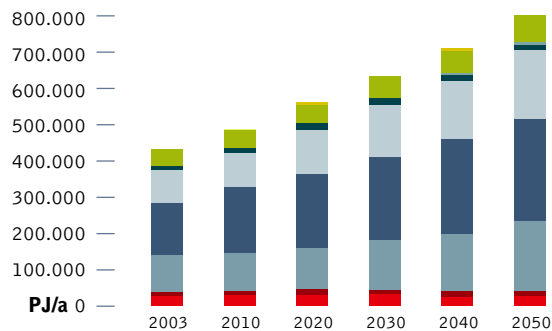


figura 26: evolución del consumo de energía primaria bajo el escenario de [r]evolución energética

(‘EFICIENCIA’ = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)

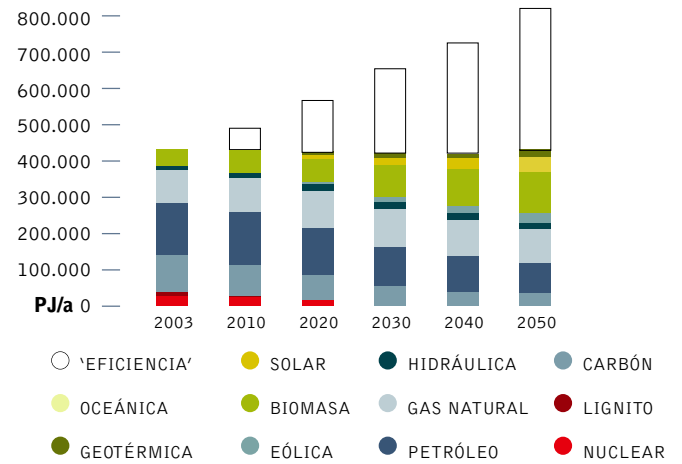
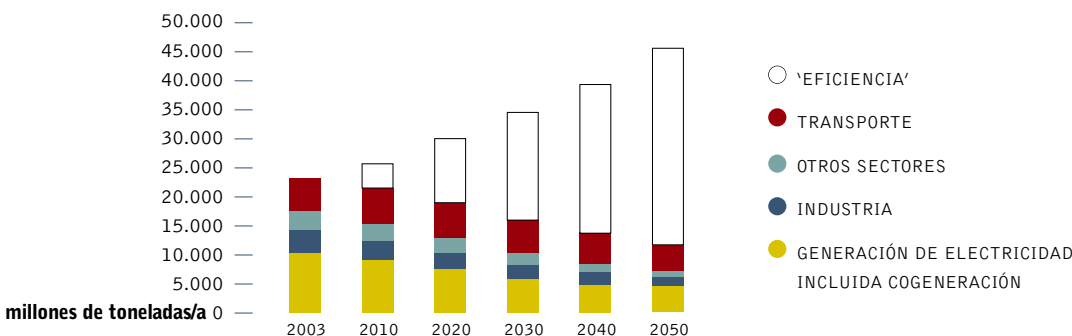


figura 27: evolución de las emisiones de CO2 por sector bajo el escenario de [r]evolución energética

(‘EFICIENCIA’ = REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA)





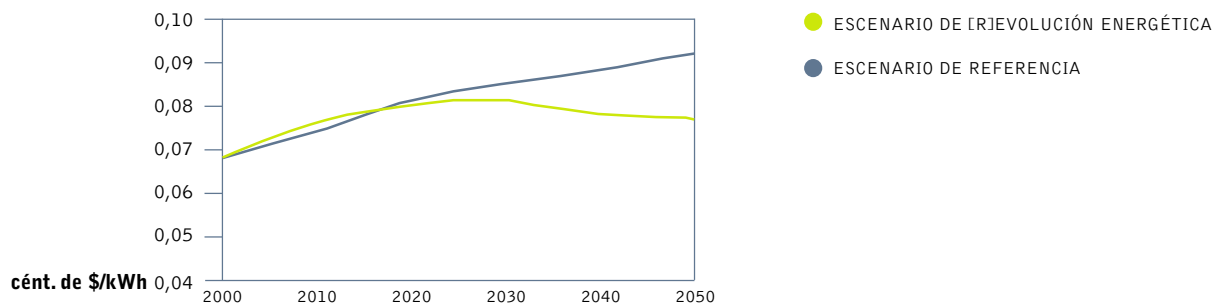
### costes futuros de la generación de electricidad

En la Figura 28 se observa un ligero aumento de los costes de generación de electricidad como consecuencia de la introducción de tecnologías renovables bajo el escenario de [r]evolución energética, comparado con el escenario de referencia. Se trataría de una diferencia inferior a 0,1 cént/kWh para 2020. Se puede observar que cualquier aumento de los precios del combustible fósil que supere las estimaciones recogidas en la Tabla 4 reducirá la diferencia entre ambos escenarios. Debido a la menor emisión de CO<sub>2</sub> en la generación de electricidad, hacia 2020 los costes de generación de electricidad serán económicamente favorables bajo el escenario de [r]evolución energética. Hacia 2050 los costes de generación serán de algo más de 1,5 cént/kWh menores que los del escenario de referencia.

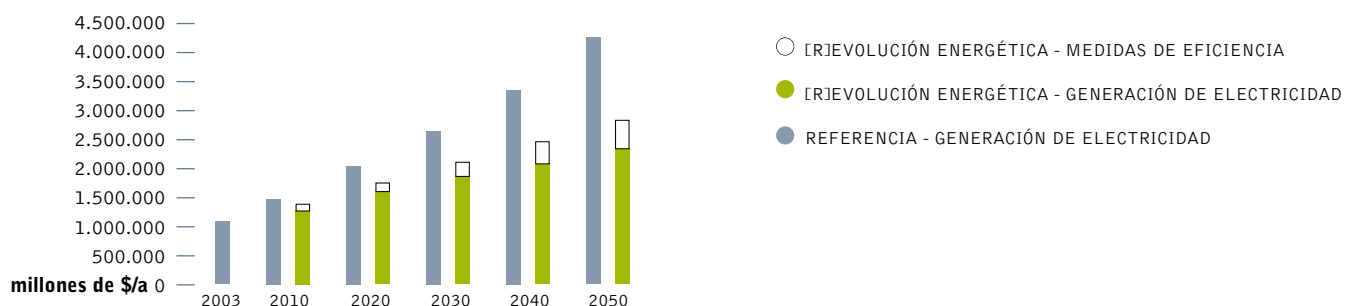
Como consecuencia de la creciente demanda, nos enfrentamos a un aumento de gastos en el suministro eléctrico. Bajo el escenario de referencia, el crecimiento incontrolado de la demanda, el aumento de los precios de los combustibles fósiles y el coste de las emisiones de CO<sub>2</sub> provocarán una subida de los precios totales del suministro de electricidad de la cifra actual de 1.130 mil millones de dólares anuales a más de 4.300 mil millones para 2050. En la Figura 29 se observa que en el escenario de [r]evolución energética no sólo se cumple con los objetivos de reducción global de CO<sub>2</sub>, sino que también permite estabilizar los precios energéticos y reducir la presión económica sobre la sociedad. Con un aumento de la eficiencia energética y el cambio del suministro energético a las renovables se obtienen unos costes por suministro eléctrico un tercio más bajos que en el escenario de referencia. Resulta patente que el cumplimiento riguroso de los objetivos medioambientales en el sector energético compensa también en términos económicos.

**figura 28: evolución de los costes globales de generación de electricidad bajo ambos escenarios**

(COSTES DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> IMPUESTOS A PARTIR DE 2010 EN ZONAS INDUSTRIALIZADAS, DESDE 2020 EN TODAS LAS REGIONES, CON UN INCREMENTO DE 15 \$/T<sub>CO2</sub> EN 2010 A 50 \$/T<sub>CO2</sub> EN 2050)



**figura 29: evolución de los costes totales de suministro eléctrico**



gráfica 1: [r]evolución energética  
 PERSPECTIVAS MUNDIALES DE LA ENERGÍA SOSTENIBLE



Note: All values are rounded to the nearest thousand.

## recursos energéticos y seguridad en el suministro

“ACTUALMENTE ALREDEDOR DE UN 80% DE LA DEMANDA ENERGÉTICA GLOBAL SE SUPLE CON EL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES. EL IMPARABLE AUMENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA SE VE ENFRENTADO A LA NATURALEZA FINITA DE ESTOS RECURSOS”



imagen ACTIVIDAD GEOTÉRMICA.

**imagen** YACIMIENTO DE PETRÓLEO  
CERCA DE BIBI-HEYDAT EN  
AZERBAIJAN.



La seguridad en el suministro es el asunto más importante de la agenda política en materia de energía, principalmente en todo lo relacionado con la seguridad en los precios y la seguridad en el suministro físico. Actualmente alrededor de un 80% de la demanda energética global se suplente con el uso de combustibles fósiles. El imparable aumento de la demanda energética se ve enfrentado a la naturaleza finita de estos recursos, y la distribución regional de los recursos petrolíferos y gas tampoco coincide con la distribución de la demanda. Algunos países tienen que confiar casi enteramente en las importaciones de combustibles fósiles. En los mapas de las páginas siguientes se podrá observar un resumen de la disponibilidad de diferentes combustibles y su distribución regional. La información recogida en el presente capítulo se basa parcialmente en el informe *Plugging the Gap* (Renewable Energy Systems/Consejo Mundial de la Energía Eólica, 2006).

## petróleo

El petróleo es el motor de la economía mundial moderna, como quedó patente tras los efectos provocados por los problemas de suministro de los años 70. Es la fuente principal de energía, suplente el 36% de las necesidades mundiales, y el combustible utilizado casi exclusivamente para usos esenciales como el transporte. Dicho esto, hay que señalar el debate creado sobre la capacidad de suministro para hacer frente al aumento del consumo, un debate oscurecido por la falta de información clara y sacudido por el aumento alarmante de los precios.

## el caos de las reservas

La información pública sobre las reservas de petróleo y gas incurre en una notable incoherencia y parece escasamente fiable desde el punto de vista legal, comercial, histórico y, en muchos casos, político. Las cifras más cotejadas, procedentes de las publicaciones de la propia industria, *Oil & Gas Journal* y *World Oil*, tienen un valor limitado, ya que ofrecen las cifras sobre reservas procedentes de compañías y gobiernos sin analizarlas ni verificarlas. Además, al no existir una definición coherente del término reservas ni una práctica informativa estándar, generalmente estas cifras representan diferentes magnitudes conceptuales y físicas. Una terminología confusa (reservas 'comprobadas', 'probables', 'posibles', 'recuperables', 'certidumbre razonable') contribuye también a este problema.

Históricamente las compañías petrolíferas privadas han subestimado de manera constante sus reservas para ajustarse al conservadurismo de normas en la bolsa de valores y por precaución comercial. Cuando se realizaba un nuevo descubrimiento, se informaba sólo de una parte de las estimaciones de los geólogos sobre recursos recuperables para más adelante aumentar las estimaciones sobre las reservas del mismo yacimiento. Las compañías petrolíferas nacionales, representadas casi al completo por la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), no están sujetas a ningún tipo de responsabilidad, por lo que sus prácticas de información son aún menos claras. A finales de los años 80 los países de la OPEP sobrestimaron de manera descarada las reservas en la competencia por

cuotas de producción, que se asignan en proporción a las reservas. Aunque se hizo necesaria alguna revisión tras la nacionalización de las empresas, entre 1985 y 1990, los países de la OPEP aumentaron sus reservas conjuntas un 82%. Estas dudosas revisiones no sólo no fueron nunca corregidas, sino que además muchos de esos países han estado informando durante años de reservas sin explotar, aunque no se realizara ningún descubrimiento importante y la producción continuara al mismo ritmo. Además de esto, se han sobrestimado en un 30% las reservas de petróleo y de gas de la antigua Unión Soviética debido a la errónea interpretación a posteriori de las estimaciones originales.

Aunque las compañías privadas son ahora más realistas sobre la entidad de sus recursos, los países de la OPEP están en posesión de la mayoría de las reservas públicas y la información sobre los recursos es tan incompleta como siempre, por lo que estas fuentes de información deben tratarse con mucha cautela. Para realizar una estimación aproximada de los recursos petrolíferos del mundo habría que realizar una valoración a nivel regional de la media de descubrimientos pasados (es decir 'técnica').

## gas

El gas natural ha sido la fuente de energía fósil de mayor crecimiento durante las últimas dos décadas, empujado por su mayor participación en la generación de electricidad. Generalmente el gas se considera como un recurso muy abundante, centrándose la percepción pública únicamente en el agotamiento del petróleo, aunque muy pocos estudios serios avalan este hecho. Los yacimientos de gas están más concentrados que los del petróleo, por lo que su descubrimiento fue más rápido debido a la concentración de las reservas en unos cuantos yacimientos enormes: el yacimiento de gas más grande del mundo contiene el 15% de las reservas URR ('Ultimate Recoverable Resources'), comparado con el 6% para el petróleo. Por desgracia, la información sobre las reservas de gas presenta idénticos problemas a la del petróleo, debido a que el gas se origina principalmente en las mismas formaciones geológicas y son los mismos accionistas los que lo controlan.

La mayoría de las reservas son inicialmente subestimadas para ser después revisadas al alza, lo que aporta una impresión optimista de crecimiento. Por contra, se piensa que las reservas de Rusia, las mayores del mundo, han sido sobrestimadas en un 30%. Debido a similitudes geológicas, el gas sufre la misma dinámica de agotamiento que el petróleo y los mismos ciclos de descubrimiento y extracción. De hecho los datos existentes para el gas son aún más incompletos que para el petróleo, presentando ambigüedades sobre la cantidad de gas producido hasta el momento, ya que no siempre se incluye el gas quemado y el gas escapado. A diferencia de las reservas publicadas, los datos sobre reservas técnicas han sido prácticamente constantes desde 1980 debido a que los descubrimientos apenas han igualado la producción.

## carbón

El carbón fue la principal fuente de energía primaria hasta los años 60, cuando fue superado por el petróleo. Hoy día el carbón suministra casi un cuarto de la energía mundial. A pesar de ser el combustible fósil más abundante, su uso se está viendo amenazado por consideraciones medioambientales, por lo que su futuro se decidirá en el contexto de la seguridad energética y el calentamiento global.

El carbón es abundante y está distribuido en el mundo de forma más homogénea que el petróleo y el gas. Sus reservas mundiales recuperables son las más grandes de todos los combustibles fósiles y la mayoría de los países cuentan al menos con alguna. Además, tanto los consumidores existentes como los grandes consumidores potenciales como EEUU, China e India son autosuficientes en carbón y lo seguirán siendo en un futuro previsible. El carbón se ha explotado a gran escala desde hace dos siglos, por lo que son bien conocidos tanto el producto como las reservas disponibles; no se espera descubrir nuevos depósitos de importancia. Extrapolando las previsiones sobre demanda, el mundo consumirá el 20% de sus reservas actuales para 2030 y el 40% para 2050?, por lo que, de mantenerse las tendencias actuales, sus reservas durarán otros 100 años.

**tabla 8: resumen de las reservas y recursos de combustibles fósiles**

RESERVAS, RECURSOS Y EXISTENCIAS DE LAS ENERGÍAS FÓSILES SEGÚN DIFERENTES AUTORES. C CONVENCIONAL (PETRÓLEO CON CIERTA DENSIDAD, GAS NATURAL LIBRE, NC NO CONVENCIONAL) PETRÓLEO PESADO, PETRÓLEO MUY PESADO, ALQUITRÁN Y PETRÓLEO DE ESQUISTO, GAS EN FILONES DE CARBÓN, GAS ACUÍFERO, GAS NATURAL EN FORMACIONES SELLADAS, HIDRATOS DE GAS). SE ASUME LA PRESENCIA DE ULTERIORES EXISTENCIAS SOBRE LA BASE DE LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS, PERO ACTUALMENTE, SU POTENCIAL PARA LA EXTRACCIÓN RENTABLE ES INCIERTO. EN COMPARACIÓN: EN 1998, LA DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA MUNDIAL ERA DE 402 EJ (UNDP ET AL., 2000).

VECTOR ENERGÉTICO	BROWN, 2002 EJ	IEA, 2002c EJ	IPCC, 2001a EJ	NAKICENOVIC ET AL., 2000 EJ	UNDP ET AL., 2000 EJ	BGR, 1998 EJ
<b>Gas</b> reservas	6,600	6,200	c 5,400	c 5,900	c 5,500	c 5,300
recursos	9,400	11,100	nc 8,000	nc 8,000	nc 9,400	nc 100
existencias			c 11,700	c 11,700	c 11,100	c 7,800
			nc 10,800	nc 10,800	nc 23,800	nc <sup>a)</sup> 111,900
			796,000	799,700	930,000	
<b>Petr.</b> reservas	5,800	5,700	c 5,900	c 6,300	c 6,000	c 6,700
recursos	10,200	13,400	nc 6,600	nc 8,100	nc 5,100	nc 5,900
existencias			c 7,500	c 6,100	c 6,100	c 3,300
			nc 15,500	nc 13,900	nc 15,200	nc 25,200
			61,000	79,500	45,000	
<b>Carb.</b> reservas	23,600	22,500	42,000	25,400	20,700	16,300
recursos	26,000	165,000	100,000	117,000	179,000	179,000
existencias			121,000	125,600		
<b>Total</b> recurso (reservas + recursos)	<b>180,600</b>	<b>223,900</b>	<b>212,200</b>	<b>213,200</b>	<b>281,900</b>	<b>361,500</b>
<b>Total</b> de existencias			<b>1,204,200</b>	<b>1,218,000</b>	<b>1,256,000</b>	

fuerce VER TABLA <sup>a)</sup> INCLUYENDO HIDRATOS DE GAS

## referencia

12 "PLUGGING THE GAP - A SURVEY OF WORLD FUEL RESOURCES AND THEIR IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF WIND ENERGY": GWEC, RES SEPTIEMBRE 2006

**imagen** NUEVA CENTRAL DE LIGNITO CONSTRUIDA POR RWE CERCA DE COLONIA, ALEMANIA. ESTA CENTRAL EMITIRÁ MÁS DE 10 MILLONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub>CADA AÑO.



## nuclear

El uranio, el combustible empleado en las centrales nucleares, es un recurso finito de reservas limitadas desde el punto de vista económico. Su distribución está casi tan concentrada como la del petróleo y no coincide con el consumo regional. Sólo cinco países (Canadá, Australia, Kazajistán, Rusia y Níger) controlan las tres cuartas partes del suministro mundial. Y las reservas de Rusia, como importante consumidor de uranio, se agotarán en los próximos diez años.

Las fuentes secundarias, como los depósitos antiguos, suponen casi la mitad de las reservas de uranio en el mundo, unas reservas que pronto serán agotadas. Para poder suplir las necesidades actuales, las capacidades de extracción deberán doblarse en los próximos años.

En un informe conjunto elaborado por la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE y la Agencia Internacional de la Energía Atómica, (Uranio 2003: recursos, producción y demanda) se estima que todas las centrales nucleares existentes habrán agotado su combustible nuclear, utilizando la tecnología actual, en menos de 70 años. A la luz de los diferentes escenarios sobre el desarrollo mundial de la energía nuclear, se estima que las reservas de uranio se agotarán entre 2026 y 2070, y asumiendo una tendencia a la baja en el uso de energía nuclear, unas estimaciones realistas indican que para 2050 los suministros serán suficientes sólo para algunos países. Estas previsiones incluyen los depósitos de uranio y el uso de combustible mixto (MOX), una mezcla de uranio y plutonio.

**tablas 9 - 11: estimaciones sobre uso de combustible fósil en el escenario de [r]evolución energética**

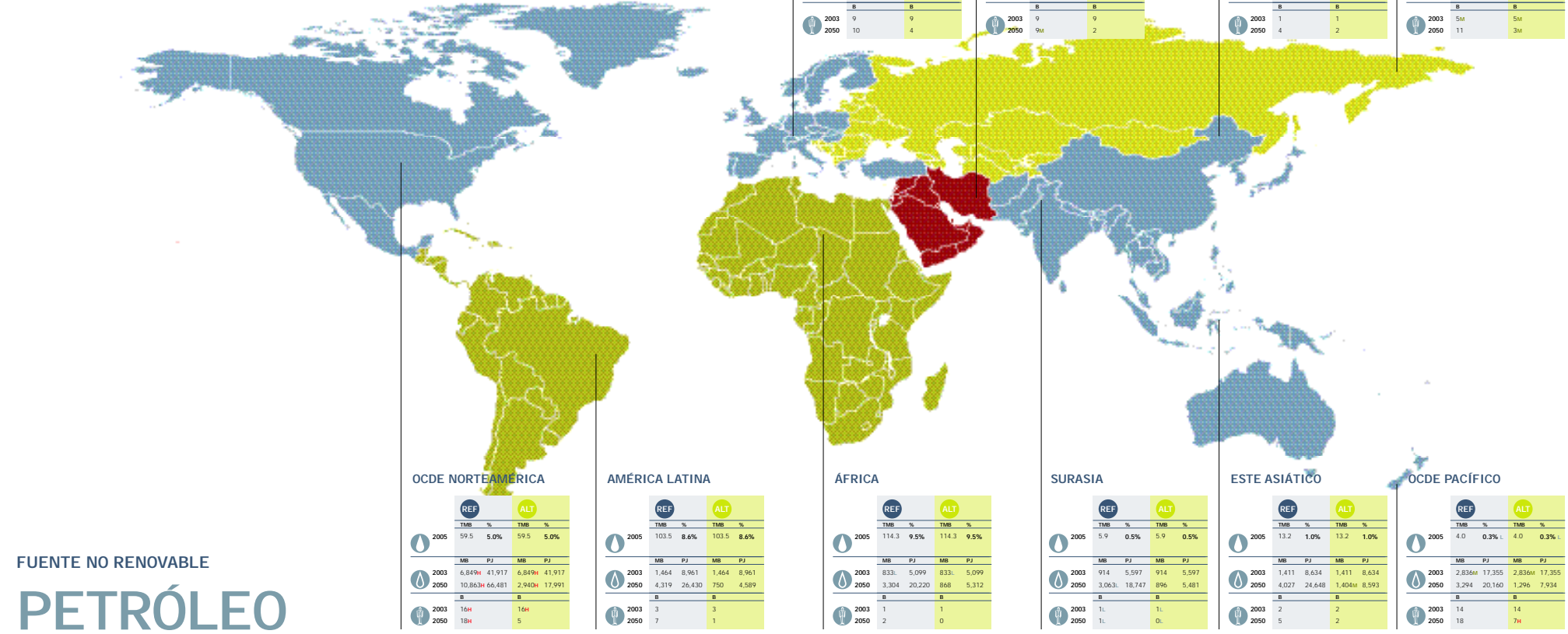
<b>Petróleo</b>	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Referencia [PJ]	147,425	176,791	206,365	231,237	256,069	284,010
Referencia [millones de barriles]	24,089	28,887	33,720	37,784	41,841	46,407
Alternativo [PJ]	147,425	144,085	128,606	110,865	98,832	87,135
Alternativo [millones de barriles]	24,089	23,543	21,014	18,115	16,149	14,238

<b>Gas</b>	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Referencia [PJ]	93,230	101,344	123,691	145,903	166,033	189,471
Referencia [mil millones metros cúbicos = 10E9m <sup>3</sup> ]	2,453	2,667	3,256	3,840	4,369	4,986
Alternativo [PJ]	93,230	98,994	103,975	107,023	100,822	93,055
Alternativo [mil millones metros cúbicos = 10E9m <sup>3</sup> ]	2,453	2,605	2,736	2,816	2,653	2,449

<b>Carbón</b>	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Referencia [PJ]	107,902	112,992	126,272	146,387	170,053	202,794
Referencia [millones de toneladas]	5,367	5,499	6,006	6,884	7,916	9,356
Alternativo [PJ]	107,903	90,125	70,858	51,530	39,717	31,822
Alternativo [millones de toneladas]	5,367	4,380	3,325	2,343	1,748	1,382



mapa 3: **petróleo, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética**  
ESCENARIO MUNDIAL



FUENTE NO RENOVABLE  
**PETRÓLEO**

LEYENDA

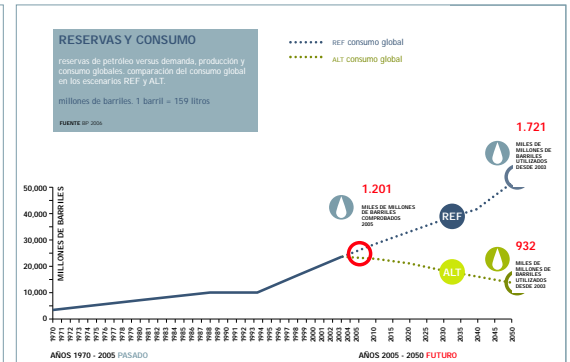
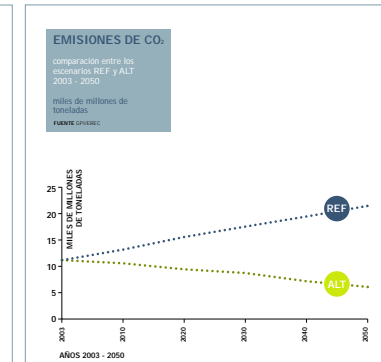
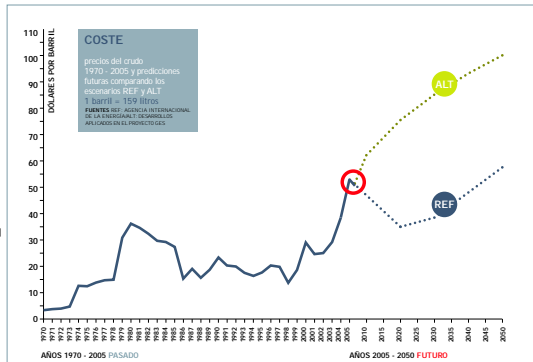
- 40-60 ● 60-80 ● 80-100
- 10-20 ● 20-30 ● 30-40
- 5-10 ● 10-15 ● 15-20
- 5-10 ● 10-15 ● 15-20
- 5-10 ● 10-15 ● 15-20

- REF ESCENARIO DE REFERENCIA
- ALT ESCENARIO ALTERNATIVO

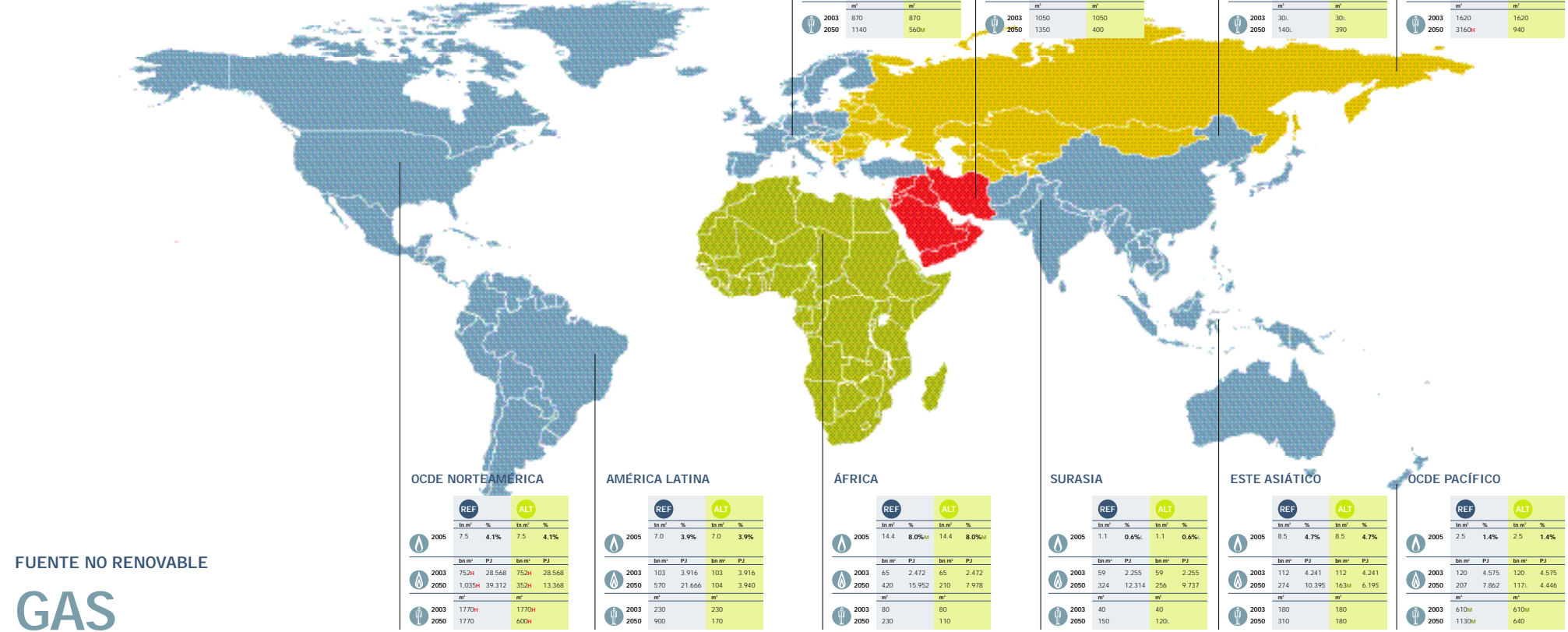
0 1000 KM

- RESERVAS TOTALES MIL MILLONES DE BARRILES (TMB) | CONTRIBUCIÓN EN % DEL TOTAL (FINAL DE 2005)
- CONSUMO POR REGIÓN MILLONES DE BARRILES (MB) | PETA JULIOS (PJ)
- CONSUMO POR PERSONA BARRILES (B)

H MAYOR | M MEDIO | L MENOR



mapa 4: gas, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



FUENTE NO RENOVABLE

# GAS

**LEYENDA**

- 5-6 % DE LOS RECURSOS GLOBALES
- 10-20 %
- 30-40 %
- 40-50 %
- 50-60 %

REF ESCENARIO DE REFERENCIA  
ALT ESCENARIO ALTERNATIVO

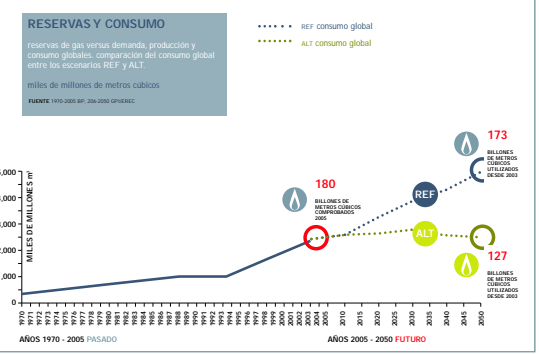
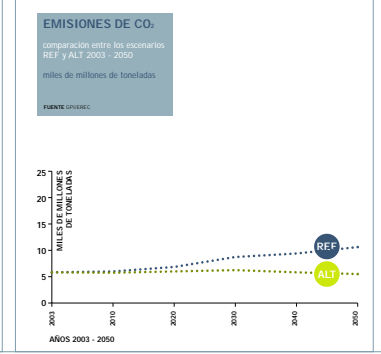
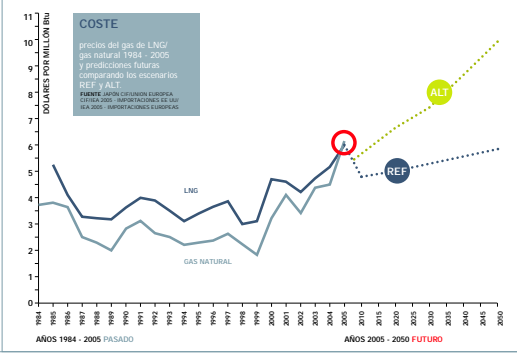
0 1000 KM

RESERVAS TOTALES BILLONES DE METROS CÚBICOS (bn m³) | CONTRIBUCIÓN EN % DEL TOTAL (FINAL DE 2005)

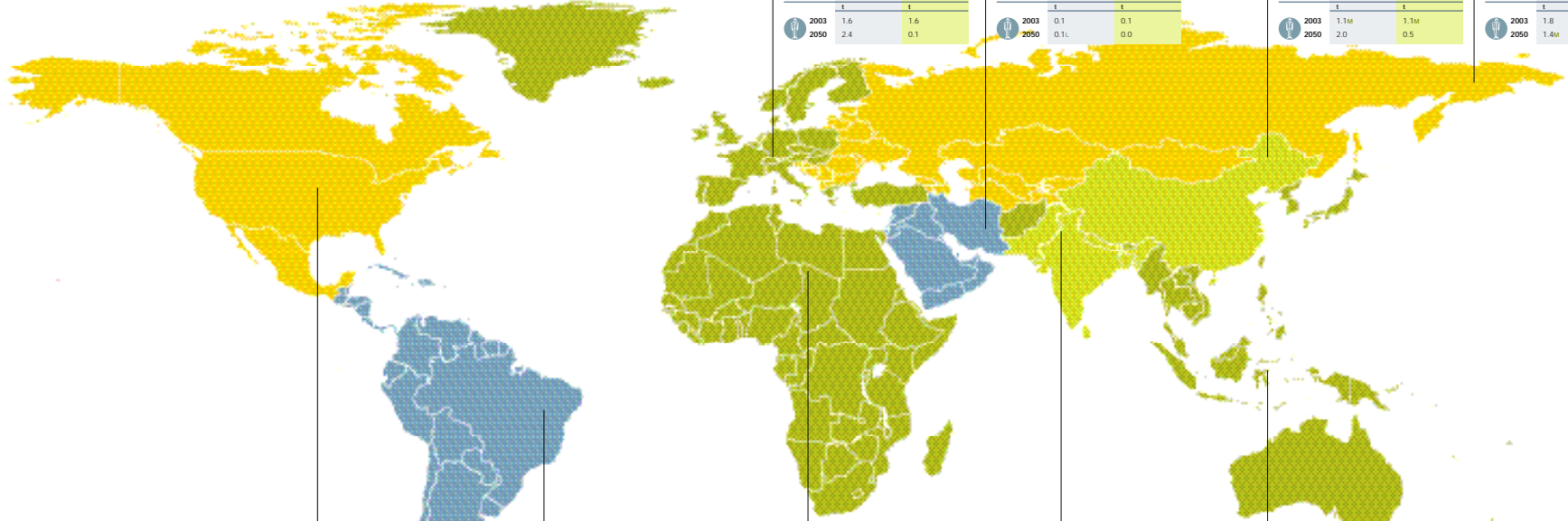
CONSUMO POR REGIÓN MILES DE MILLONES DE METROS CÚBICOS (bn m³) | PETA JULIOS (PJ)

CONSUMO POR PERSONA METROS CÚBICOS (m³)

H MAYOR | M MEDIO | L MENOR



mapa 5: carbón, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



OCDE NOROCCIDENTAL

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	254,432	28.0%	254,432	28.0%
2003	1,326	27,417	1,326	27,417
2050	1,618	33,475	84	1,926
	1	1	1	1
2003	3.1H	3.1H		
2050	2.8H	0.1M		

AMÉRICA LATINA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	19,893	2.2%	19,893	2.2%
2003	38	869	38	869
2050	217	4,997	17	394
	1	1	1	1
2003	0.1L	0.1L		
2050	0.3	0.0L		

OCDE EUROPA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	61,972	6.8%	61,972	6.8%
2003	839	13,166	839	13,166
2050	1,197	25,539	71	1,635
	1	1	1	1
2003	1.6	1.6		
2050	2.4	0.1		

ORIENTE MEDIO

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	419	0.0%	419	0.0%
2003	17L	397	17L	397
2050	38L	861	9L	208
	1	1	1	1
2003	0.1	0.1		
2050	0.1L	0.0		

CHINA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	114,500	12.6%	114,500	12.6%
2003	1,400H	32,241	1,400H	32,241
2050	2,754H	63,434	648H	14,916
	1	1	1	1
2003	1.1M	1.1M		
2050	2.0	0.5		

ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	225,123	24.8%	225,123	24.8%
2003	634M	9,957	634M	9,957
2050	391	6,923	27	628
	1	1	1	1
2003	1.8	1.8		
2050	1.4M	0.1		

OCDE NOROCCIDENTAL

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	254,432	28.0%	254,432	28.0%
2003	1,326	27,417	1,326	27,417
2050	1,618	33,475	84	1,926
	1	1	1	1
2003	3.1H	3.1H		
2050	2.8H	0.1M		

AMÉRICA LATINA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	19,893	2.2%	19,893	2.2%
2003	38	869	38	869
2050	217	4,997	17	394
	1	1	1	1
2003	0.1L	0.1L		
2050	0.3	0.0L		

ÁFRICA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	50,336	5.5%	50,336	5.5%
2003	181	4,163	181	4,163
2050	727	16,732	225	5,171
	1	1	1	1
2003	0.2	0.2		
2050	0.4	0.1		

SURASIA

año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	95,495	10.5%	95,495	10.5%
2003	362	7,727	362	7,727
2050	1,103	24,057	152M	3,500
	1	1	1	1
2003	0.3	0.3		
2050	0.5	0.1		

ESTE ASIÁTICO

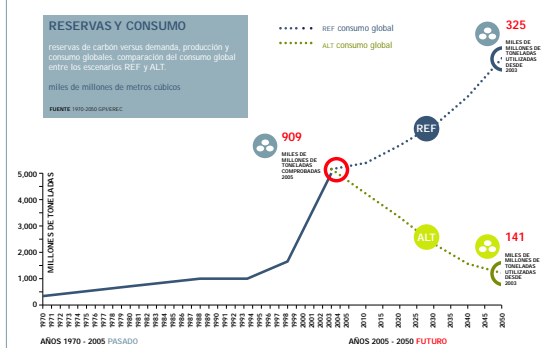
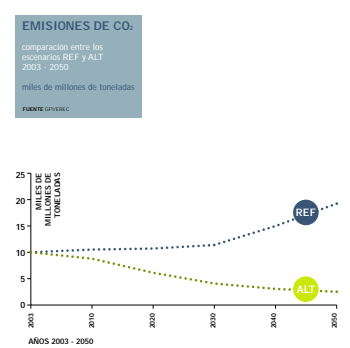
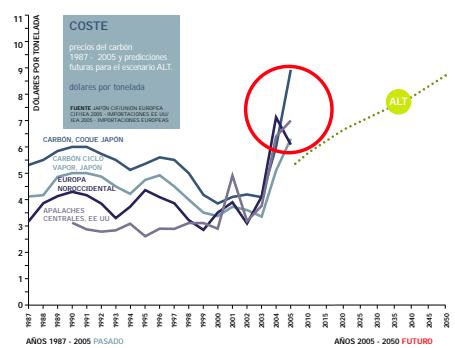
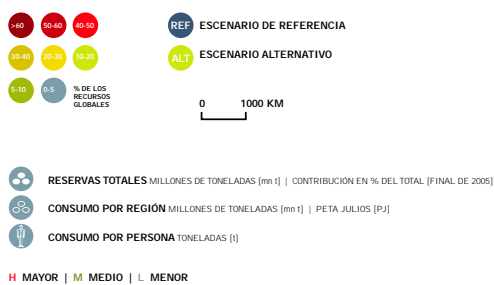
año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	1,287	4.7%	1,287	4.7%
2003	190	3,990	190	3,990
2050	902M	17,944	44	1,006
	1	1	1	1
2003	0.3	0.3		
2050	1.0	0.0		

OCDE PACÍFICO

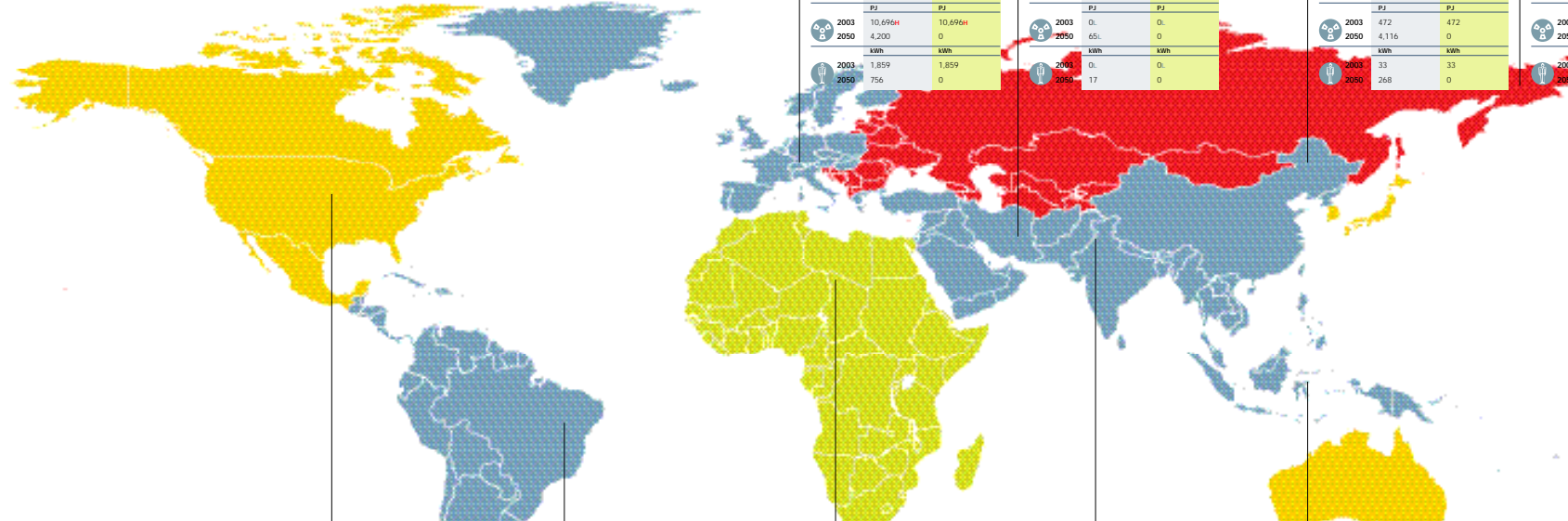
año	REF		ALT	
	mn t	%	mn t	%
2005	79,510	8.7%	79,510	8.7%
2003	382	7,975	382	7,975
2050	409	8,832	106	2,438
	1	1	1	1
2003	1.9	1.9		
2050	2.2	0.6M		

FUENTE NO RENOVABLE  
**CARBÓN**

LEYENDA



mapa 6: nuclear, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



# FUENTE NO RENOVABLE NUCLEAR

### OCDE NOROCCIDENTAL

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	680,109	21%	680,109	21%
⚙	2003	873	TWh		
⚙	2050	840H	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	9,526	PJ	9,526	
⚙	2050	9,164H	0		
⚙	2003	2,051H	kWh	2,051H	
⚙	2050	1,433	0		

### AMÉRICA LATINA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	95,045	3%	95,045	3%
⚙	2003	21	TWh		
⚙	2050	29	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	228	PJ	228	
⚙	2050	316	0		
⚙	2003	48	kWh	48	
⚙	2050	46	0		

### OCDE EUROPA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	56,445	2%	56,445	2%
⚙	2003	981H	TWh		
⚙	2050	385	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	10,696H	PJ	10,696H	
⚙	2050	4,200	0		
⚙	2003	1,859	kWh	1,859	
⚙	2050	756	0		

### ORIENTE MEDIO

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	0	0%	0	0%
⚙	2003	0L	TWh		
⚙	2050	6L	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	0L	PJ		
⚙	2050	65L	0		
⚙	2003	0L	kWh		
⚙	2050	17	0		

### CHINA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	35,060	1%	35,060	1%
⚙	2003	43	TWh		
⚙	2050	377	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	472	PJ	472	
⚙	2050	4,116	0		
⚙	2003	33	kWh	33	
⚙	2050	268	0		

### ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	997,487	31% <sup>H</sup>	997,487	31% <sup>H</sup>
⚙	2003	282M	TWh		
⚙	2050	210M	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	3,074M	PJ	3,074M	
⚙	2050	2,291M	0		
⚙	2003	817M	kWh	817M	
⚙	2050	739M	0		

### OCDE NOROCCIDENTAL

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	680,109	21%	680,109	21%
⚙	2003	873	TWh		
⚙	2050	840H	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	9,526	PJ	9,526	
⚙	2050	9,164H	0		
⚙	2003	2,051H	kWh	2,051H	
⚙	2050	1,433	0		

### AMÉRICA LATINA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	95,045	3%	95,045	3%
⚙	2003	21	TWh		
⚙	2050	29	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	228	PJ	228	
⚙	2050	316	0		
⚙	2003	48	kWh	48	
⚙	2050	46	0		

### AFRICA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	470,312	15% <sup>M</sup>	470,312	15% <sup>M</sup>
⚙	2003	13	TWh		
⚙	2050	13	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	139	PJ	139	
⚙	2050	142	0		
⚙	2003	15	kWh	15	
⚙	2050	7L	0		

### SURASIA

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	40,980	1%	40,980	1%
⚙	2003	20	TWh		
⚙	2050	190	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	213	PJ	213	
⚙	2050	2,073	0		
⚙	2003	14	kWh	14	
⚙	2050	86	0		

### ESTE ASIÁTICO

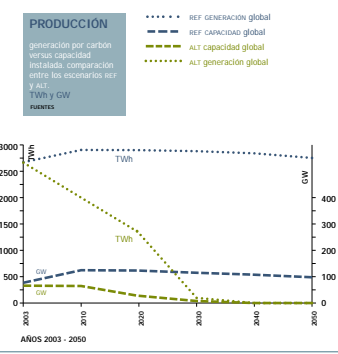
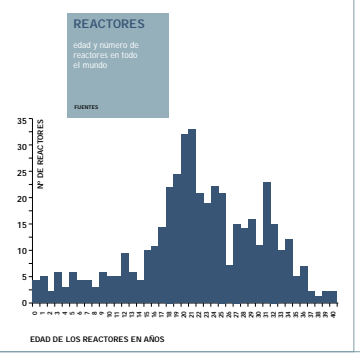
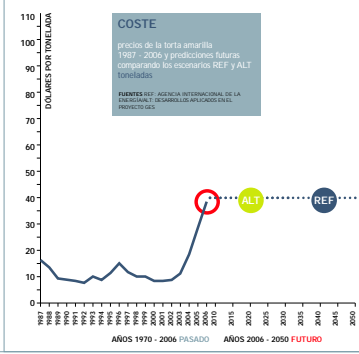
Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	5,630	0%	5,630	0%
⚙	2003	39	TWh		
⚙	2050	70	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	424	PJ	424	
⚙	2050	764	0		
⚙	2003	62	kWh	62	
⚙	2050	79	0		

### OCDE PACÍFICO

Ícono	REF		ALT		
	t	%	t	%	
☢	2005	741,600	23%	741,600	23%
⚙	2003	370	TWh		
⚙	2050	610	PHASED OUT BY 2030		
⚙	2003	4,033	PJ	4,033	
⚙	2050	6,655	0		
⚙	2003	1,858	kWh	1,858	
⚙	2050	3,341H	0		

### LEYENDA

- 0-30 ● 30-30 ● 10-20
- 5-10 ● 0-5 % DE LOS RECURSOS GLOBALES
- REF ESCENARIO DE REFERENCIA
- ALT ESCENARIO ALTERNATIVO
- 0 1000 KM
- ☢ RESERVAS TOTALES TONELADAS | CONTRIBUCIÓN EN % DEL TOTAL (FINAL DE 2005)
- ⚙ GENERACIÓN POR REGIÓN TERAWATIOS HORA (TWh)
- ⚙ CONSUMO POR REGIÓN PETA JULIOS (PJ)
- ⚙ CONSUMO POR PERSONA KILOWATIOS HORA (kWh)
- H MAYOR | M MEDIO | L MENOR



## energía renovable

La naturaleza ofrece una variedad de opciones disponibles para producir energía gratuita. Se trata principalmente de saber cómo convertir la luz solar, el viento, la biomasa o el agua en electricidad, calor o energía de la manera más eficiente, sostenible y económica posibles.

Como media, la energía de la luz solar que alcanza la tierra es de un kilowatio por metro cuadrado. Según la Asociación para la Investigación sobre Energía Solar, se está produciendo energía de forma masiva a una velocidad de 2.850 veces más de la que se necesita en el mundo hoy día. En un día la luz solar que llega a la tierra equivale a la suficiente energía para satisfacer durante ocho años los requisitos energéticos actuales en el mundo. Y aunque sólo es técnicamente accesible un porcentaje de ese potencial, es aún suficiente para generar casi seis veces la energía necesaria en el mundo, hoy día.

figura 30: recursos energéticos mundiales



fuelle WBGU

tabla 13: técnicamente accesible hoy día

LA CANTIDAD DE ENERGÍA A LA CUAL HAY ACCESO CON LAS ACTUALES TECNOLOGÍAS PROPORCIONA UN TOTAL DE 5,9 VECES LA DEMANDA GLOBAL DE ENERGÍA

Sol	3.8 veces
Geotérmica	1 vez
Eólica	0.5 veces
Biomasa	0.4 veces
Hidráulica	0.15 veces
Energía oceánica	0.05 veces

fuelle DR. JOACHIM NITSCH



## definición de los potenciales de los recursos energéticos<sup>13</sup>

### potencial teórico

El potencial teórico identifica el límite físico superior de la energía disponible de una fuente determinada. Por ejemplo, para la energía solar, sería la radiación solar total que incide sobre una superficie determinada.

### potencial de conversión

Deriva de la eficiencia anual de la tecnología de conversión respectiva, por lo que no es un valor estrictamente definido, ya que la eficiencia de una tecnología en particular depende de los progresos tecnológicos que alcance.

### potencial técnico

Tiene en cuenta restricciones adicionales sobre el área disponible desde un punto de vista realista para la generación de energía. Se tienen en cuenta restricciones de tipo tecnológico, estructural y ecológico, además de requisitos legislativos.

### potencial económico

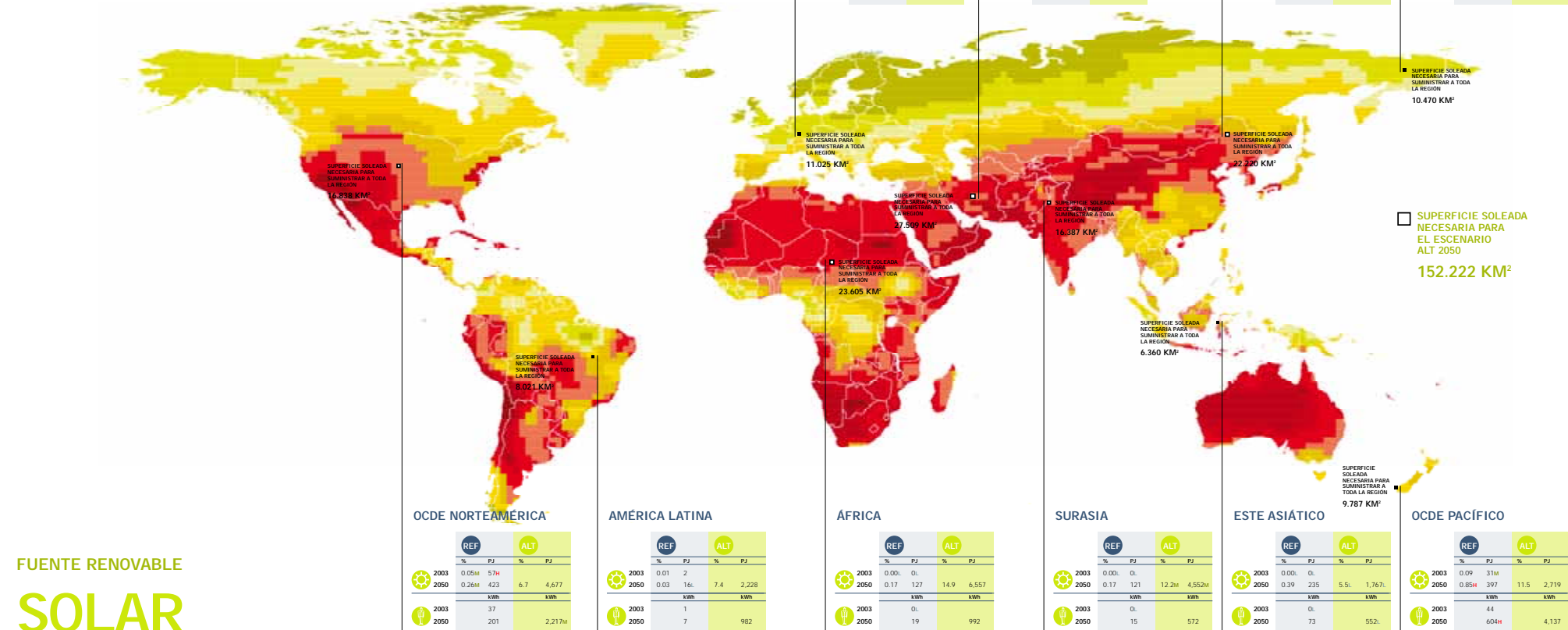
La proporción del potencial técnico que puede utilizarse de forma económicamente viable. Para la biomasa, por ejemplo, se incluyen esas cantidades que pueden explotarse económicamente en competencia con otros productos y usos de la tierra.

### potencial sostenible

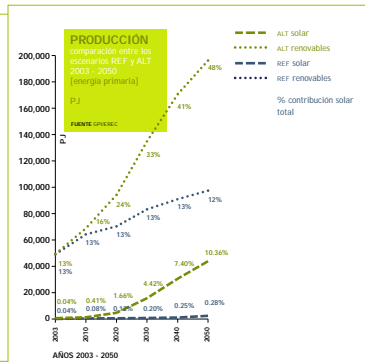
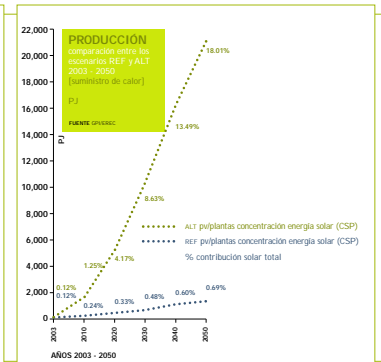
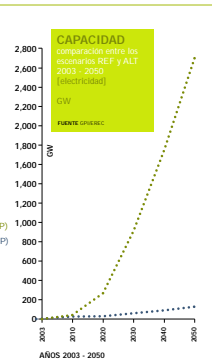
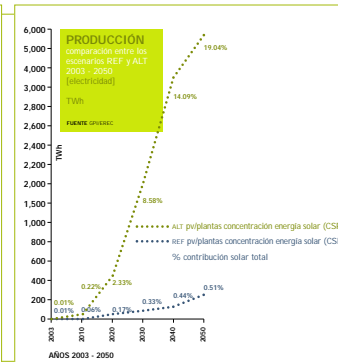
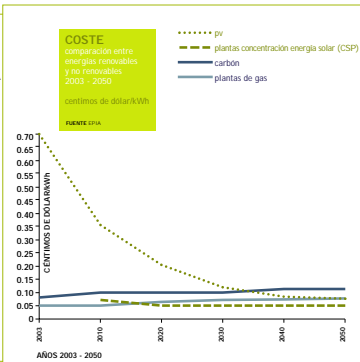
Limita el potencial de una fuente de energía en función de la valoración de factores ecológicos y socioeconómicos.

En los siguientes mapas sobre recursos se observa la distribución de la energía estimada por regiones que puede recuperarse y utilizarse. Los cálculos fueron elaborados según una red global con una resolución de 0,5° de longitud y latitud. Los potenciales resultantes se especifican como la densidad de potencia media por área superficial o por área con módulo/convertidor inclinado, para que la unidad de medida sea siempre el 'rendimiento por área'.

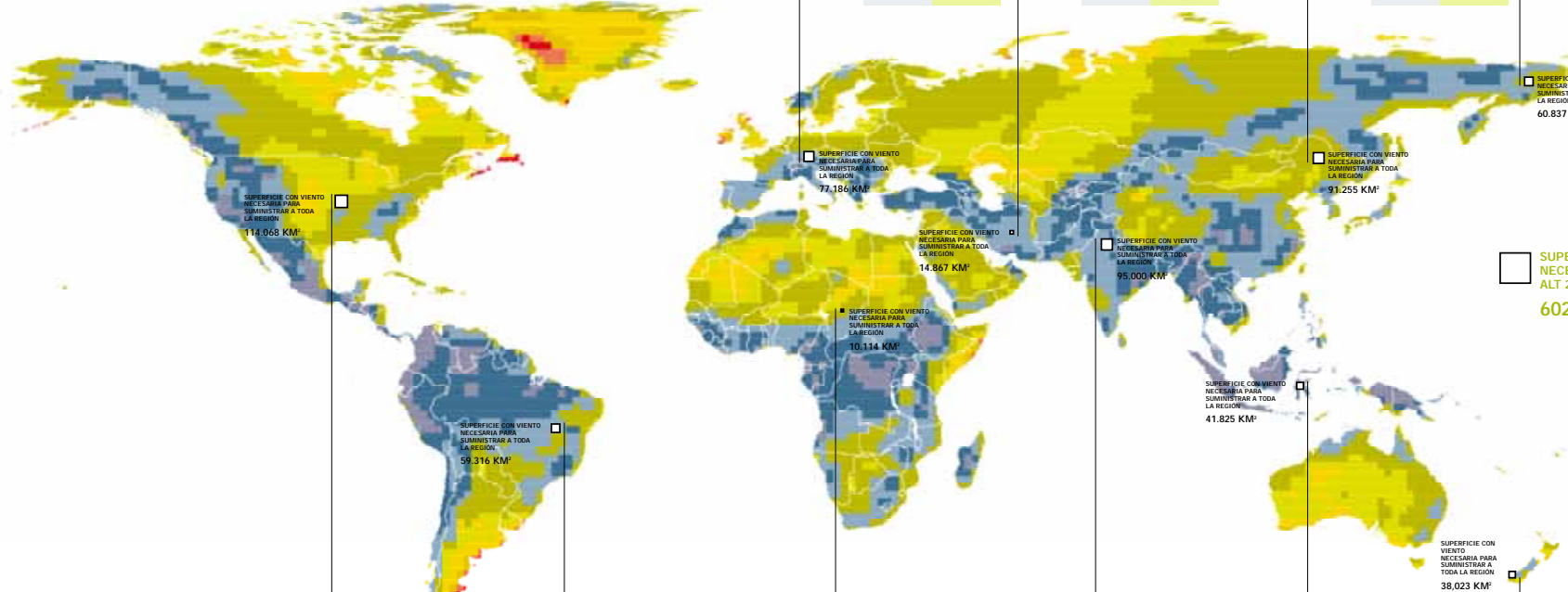
mapa 7: solar, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



FUENTE RENOVABLE  
**SOLAR**



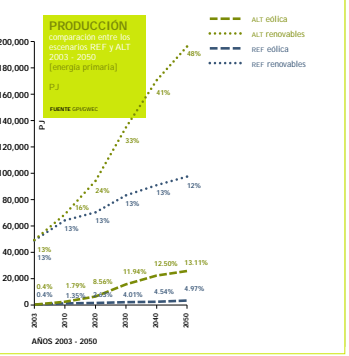
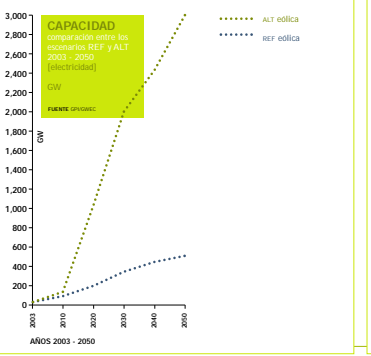
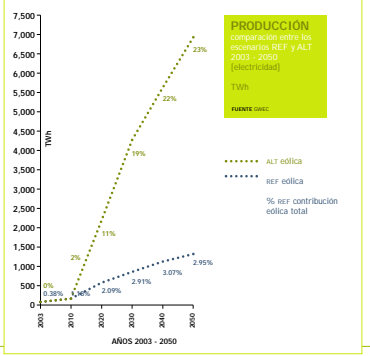
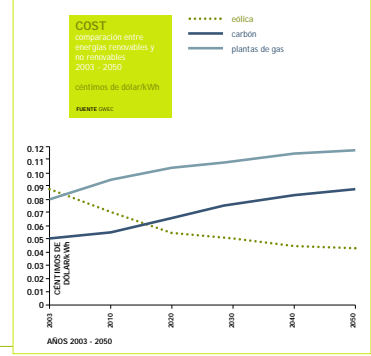
mapa 8: eólica, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética  
ESCENARIO MUNDIAL



FUENTE RENOVABLE  
**EÓLICA**

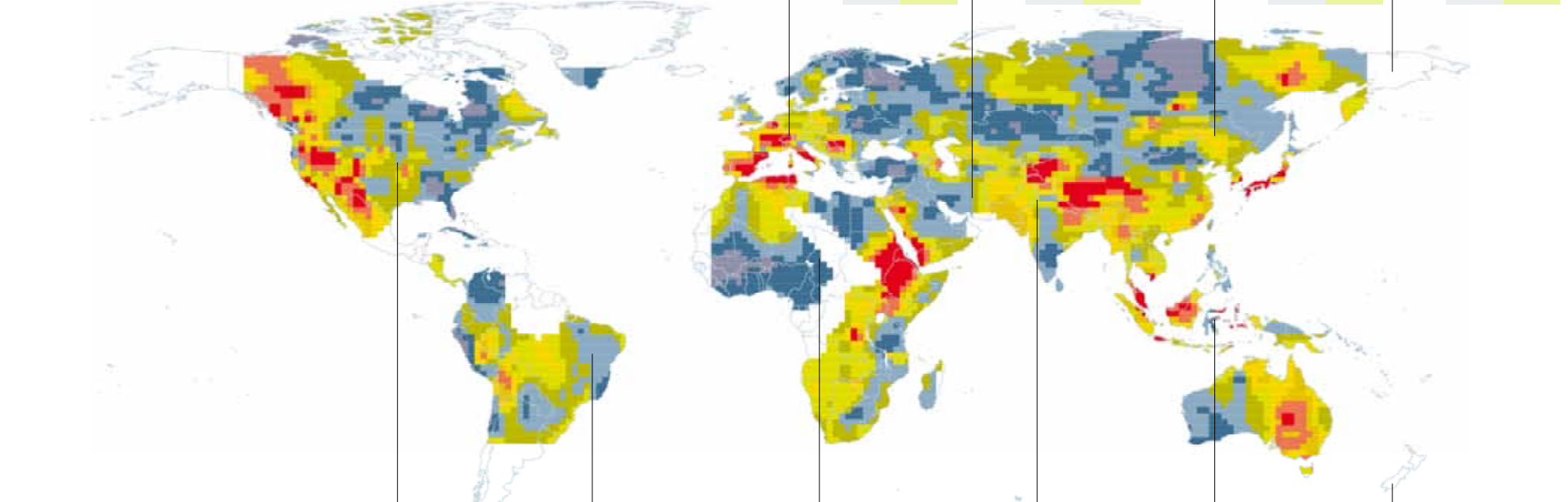
Region	Scenario	2003 %	2003 PJ	2003 kWh	2050 %	2050 PJ	2050 kWh	Superficie necesaria (km²)
OCDE EUROPA	REF	0.21H	160H	7.2	3.654	0.00L	0L	77.186
	ALT	2.10H	1,962H	7.2	3,654	0.18L	72L	14.867
ORIENTE MEDIO	REF	0L	0L	0L	0L	0.00L	0L	95.000
	ALT	0L	0L	0L	0L	57	553	41.825
CHINA	REF	0.01	4	5.7	2,880	0.01	4	91.255
	ALT	0.53M	681	5.7	4,320	0.21	139	602.490
ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN	REF	0	0	0	0	0.00L	0L	60.837
	ALT	0	0	0	0	1.36M	2,817M	60.837
OCDE NORTH AMERICA	REF	0.04M	44	7.7	5,400H	0.01	1	59.316
	ALT	0.73	1,188	7.7	5,400H	0.32	198	10.114
LATIN AMERICA	REF	0.01	1	2,808M	0.01	1	2,808M	10.114
	ALT	0.32	198	9.3H	2,808M	1	87	10.114
ÁFRICA	REF	0.01	2	479L	0.01	2	479L	10.114
	ALT	0.14L	104	1.1L	479L	16L	72L	10.114
SURASIA	REF	0.05M	13M	4.6	1,710	0.05M	13M	41.825
	ALT	0.26M	137	4.6	1,710	3	215	41.825
ESTE ASIÁTICO	REF	0.00L	0L	1,980	0.00L	0L	0L	38.023
	ALT	0.21	126	6.1M	1,980	39	619	38.023
OCDE PACÍFICO	REF	0.02	6	7.6	1,800	0.02	6	38.023
	ALT	0.69	324M	7.6	1,800	9M	493	38.023

LEYENDA





mapa 9: **geotérmica, escenario de referencia y escenario de [r]evolución energética**  
ESCENARIO MUNDIAL



# FUENTE RENOVABLE GEOTÉRMICA

## OCDE NOROCCIDENTAL

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.54H	621H		
2050	0.78H	1,270M	5.5M	3,810
	kWh		kWh	
2003	405H			
2050	602H		1,806	

## AMÉRICA LATINA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.31M	61		
2050	0.54	338M	3.6	1,083
	kWh		kWh	
2003	38			
2050	149		478	

## OCDE EUROPA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.20	150M		
2050	0.61	567	8.6	4,392H
	kWh		kWh	
2003	79M			
2050	310		2,397	

## ORIENTE MEDIO

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.00	0		
2050	0.00	1L	6.89	1,384
	kWh		kWh	
2003	0			
2050	1L		1,087M	

## CHINA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.00	0		
2050	0.06	76	0.12L	93L
	kWh		kWh	
2003	0			
2050	15		18L	

## ECONOMÍAS DE TRANSICIÓN

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.00	2		
2050	0.30	201	7.8	2,930
	kWh		kWh	
2003	2			
2050	196M		2,866M	

## OCDE NOROCCIDENTAL

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.54H	621H		
2050	0.78H	1,270M	5.5M	3,810
	kWh		kWh	
2003	405H			
2050	602H		1,806	

## AMÉRICA LATINA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.31M	61		
2050	0.54	338M	3.6	1,083
	kWh		kWh	
2003	38			
2050	149		478	

## ÁFRICA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.10	22		
2050	0.05	34	2.26	981
	kWh		kWh	
2003	7			
2050	5		148	

## SURASIA

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.00	0		
2050	0.17	122	4.02	1,480M
	kWh		kWh	
2003	0			
2050	15		186	

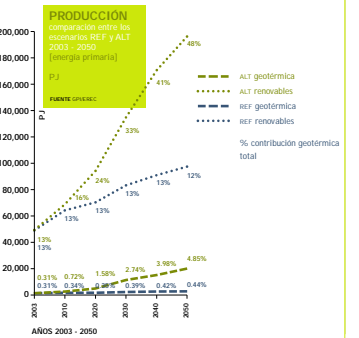
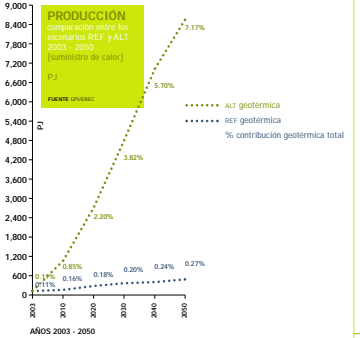
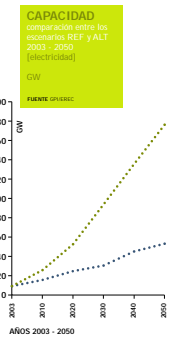
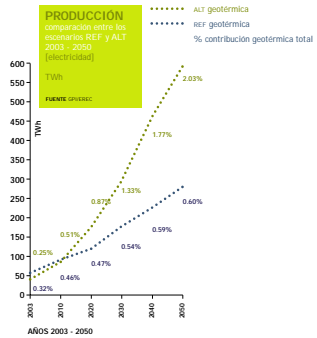
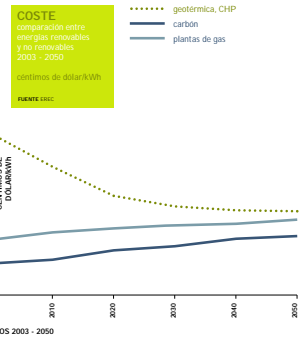
## ESTE ASIÁTICO

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	2.00	446		
2050	1.33	798	9.2H	2,978
	kWh		kWh	
2003	199			
2050	249		931	

## OCDE PACÍFICO

	REF		ALT	
	%	PJ	%	PJ
2003	0.10	34		
2050	0.38M	176	2.81	654
	kWh		kWh	
2003	48			
2050	268		995	

### LEYENDA



## tecnologías energéticas

“EL ESCENARIO DE [R]EVOLUCIÓN ENERGÉTICA ESTÁ ENFOCADO EN EL POTENCIAL DE LAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y EN LAS FUENTES RENOVABLES, PRINCIPALMENTE EN LOS SECTORES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y DE CALOR.”



**imagen** CENTRAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CERCA DE REYKJAVIK, PRODUCE ENERGÍA APROVECHANDO LA ACTIVIDAD GEOTÉRMICA. DESTACAN LAS ROCAS VOLCÁNICAS DETRÁS DE LA CENTRAL. NOROESTE DE ISLANDIA.



En este capítulo se describen las tecnologías disponibles hoy día y en el futuro para satisfacer la demanda energética mundial. El escenario de [r]evolución energética estudia el potencial del ahorro energético y las fuentes renovables principalmente en los sectores de generación de electricidad y calor. Aunque se incluye el uso de combustible en el sector del transporte en los escenarios de suministro futuro de energía, no se proporciona aquí una descripción detallada de tecnologías tales como el uso de biocombustibles para vehículos, una alternativa al uso predominante del petróleo en el presente.

### tecnologías de combustibles fósiles

Los combustibles fósiles de uso más corriente para la generación de energía en el mundo son el carbón y el gas. El petróleo se emplea aún donde no puede accederse a otros combustibles, por ejemplo en islas remotas, o donde existen recursos propios. Juntos, el carbón y el gas representan la mitad del suministro eléctrico en el mundo.

### tecnologías de combustión del carbón

En una central térmica convencional de carbón, el combustible pulverizado se vierte a una cámara de combustión donde se quema a alta temperatura. Los gases calientes y el calor producidos convierten en vapor el agua que fluye por las tuberías de la caldera, activando una turbina de vapor y generando electricidad. Más del 90% de las centrales térmicas de carbón utilizan este sistema. La capacidad de las centrales de carbón varía de unos cientos a miles de megavatios.

Se han desarrollado diversas tecnologías para mejorar el rendimiento medioambiental de la combustión convencional de carbón, como el lavado del carbón (para reducir impurezas) y otras nuevas tecnologías cuyo objetivo es la reducción de las emisiones de partículas, dióxido de azufre y óxido de nitrógeno, los principales contaminantes producidos por la combustión del carbón, aparte del dióxido de carbono. La técnica FGD (Desulfuración de los gases de combustión), por ejemplo, implica generalmente el 'lavado' de los gases de combustión utilizando un lodo absorbente alcalino, principalmente a base de cal o piedra caliza.

Los cambios más importantes se han producido en los métodos de combustión del carbón para mejorar su eficiencia y reducir aún más las emisiones de contaminantes. Estos incluyen:

- **ciclo combinado de gasificación integrada (IGCC):** el carbón no se quema directamente, sino que se hace reaccionar con oxígeno y vapor para formar un gas de síntesis o 'syngas' compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono, que se limpia y, posteriormente, se quema en una turbina de gas para generar electricidad y producir vapor para accionar una turbina de vapor. La técnica IGCC mejora la eficiencia de la combustión del carbón de un 38-40% hasta un 50%.
- **supercríticas y ultrasupercríticas:** estas centrales operan a mayores temperaturas que las empleadas en la combustión convencional, también mejorando la eficiencia hasta un 50%.

- **combustión en lecho fluido:** el carbón se quema en un reactor que consta de un lecho a través del cual se alimenta gas para mantener el combustible en un estado turbulento. De esta forma se mejora la combustión, la transferencia térmica y la recuperación de productos de desecho. Aumentando las presiones en un lecho, puede utilizarse un chorro de gas a alta presión para accionar una turbina de gas, generando electricidad. Con este método pueden reducirse de manera importante las emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno,

- **combustión presurizada de carbón pulverizado:** desarrollada principalmente en Alemania, se basa en la combustión de una nube muy fina de partículas de carbón que crea vapor a alta presión y alta temperatura para la generación de electricidad. Los gases de combustión calientes se utilizan para generar electricidad de manera similar al sistema de ciclo combinado.

Otras potenciales tecnologías futuras implican el incremento en el uso de la gasificación del carbón, como la Gasificación Subterránea de Carbón, que convierte el carbón bruto del subsuelo en un gas combustible que puede emplearse para calentamiento industrial, generación de energía o fabricación de hidrógeno, gas natural sintético u otros productos químicos. El gas puede procesarse para eliminar el CO<sub>2</sub> antes de su transporte hasta los usuarios finales. Se están realizando proyectos de demostración en países como Australia, Europa, China y Japón.

### tecnologías de combustión de gas

El gas natural puede utilizarse para la generación de electricidad mediante el uso de turbinas de gas o turbinas de vapor. Para una cantidad equivalente de calor, el gas produce alrededor de un 45% menos de dióxido de carbono que el carbón, durante la combustión.

Las centrales con **turbinas de gas** emplean el calor procedente de los gases para operar la turbina directamente. Las turbinas alimentadas por gas natural pueden arrancar rápidamente, por lo que en muchos casos se utilizan para suministrar energía en periodos de demanda punta, aunque a unos costes mayores que las centrales de carga base.

Pueden lograrse eficiencias especialmente altas mediante la combinación de turbinas de gas con una turbina de vapor en modo de ciclo combinado. En una central de **ciclo combinado con turbina de gas** (CCGT) se genera electricidad con un generador con turbina de gas, y los gases de escape procedentes de la turbina de gas se utilizan para crear vapor para la generación adicional de electricidad. Las modernas estaciones CCGT pueden alcanzar una eficiencia de más del 50%. La mayoría de las nuevas centrales de gas construidas desde los años 90 son este tipo.

Al menos hasta el reciente aumento de los precios del gas en el mundo, las centrales CCGT han sido la opción más económica para la generación de electricidad en muchos países, con unos costes de capital mucho más bajos que los de las centrales de carbón y las nucleares y unos tiempos de construcción también menores.

### tecnologías de almacenamiento de carbono

Cuando se quema carbón o gas se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Dependiendo del tipo de central térmica, una gran cantidad de gas se desprenderá a la atmósfera, contribuyendo al cambio climático. Una central de carbón tradicional descarga unos 720 gramos de dióxido de carbono por kilowatio hora, y una central de gas moderna, del orden de 370g CO<sub>2</sub>/kWh. Para evitar la salida a la atmósfera del CO<sub>2</sub> por la chimenea de la central, se debe eliminar primero el gas y almacenar en otro lugar, pero estos métodos de captura y almacenamiento tienen sus limitaciones. Incluso tras el uso de las tecnologías de secuestro propuestas continuará emitiéndose a la atmósfera una cantidad residual de dióxido de carbono - entre 60 y 150g CO<sub>2</sub>/kWh.

### almacenamiento del dióxido de carbono

El CO<sub>2</sub> secuestrado en el momento de la incineración debe ser almacenado en algún lugar. Actualmente se piensa en la posibilidad de almacenarlo en los océanos o en almacenes terrestres subterráneos a una profundidad de más de 3.000 pies, pero al igual que ocurre con los residuos nucleares, la cuestión es que estaremos sólo aplazando la solución de este problema, usando esta tecnología.

### los peligros del almacenamiento en el océano

El almacenamiento oceánico podría acelerar enormemente la acidificación (reducción del pH) de grandes zonas del océano y sería perjudicial para muchos organismos y ecosistemas, en las inmediaciones de los lugares donde se produzca la inyección. Además, el CO<sub>2</sub> eliminado de este modo regresará a la atmósfera en un periodo de tiempo relativamente corto. Los océanos son un recurso productivo y un don de la naturaleza para las generaciones presentes y futuras que merece la pena conservar. Dada la gama de diversas opciones disponibles para tratar el problema de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se debe descartar el almacenamiento directo del CO<sub>2</sub> en el océano, en lechos marítimos, lagos y otras reservas abiertas.

### los peligros del almacenamiento subterráneo

Los yacimientos petrolíferos y de gas ya explotados contienen numerosas perforaciones que deben ser selladas. Generalmente se emplea un cemento especial, pero el dióxido de carbono es relativamente reactivo con el agua y ataca los metales o el cemento, por lo que incluso sellados, estos pozos perforados representan un problema para la seguridad. Para muchos expertos la pregunta no es si se producirán escapes, sino cuándo.

Dada la falta de experiencia con el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, su seguridad se compara a menudo con el almacenamiento del gas natural. Esta tecnología ha sido probada durante décadas y ha recibido el beneplácito de la industria por su bajo riesgo. Greenpeace no comparte esta opinión, ya que se ha producido un número importante de fugas en las instalaciones de gas almacenado en todo el mundo que han requerido a veces la evacuación de la población de la zona.

Una fuga repentina del CO<sub>2</sub> puede ser fatal. El dióxido de carbono no es en sí venenoso, y se encuentra presente en el aire que respiramos (aproximadamente el 0,04 por ciento), pero al aumentar las concentraciones desplaza al oxígeno vital del aire. El aire con unas concentraciones de 7 a 8% de CO<sub>2</sub> por volumen provoca la muerte por sofocación tras 30 a 60 minutos de inhalación.

También existen riesgos importantes para la salud cuando escapan por explosión grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Aunque normalmente el gas se dispersa rápidamente tras su escape, puede acumularse en depresiones terrestres o en edificios cerrados, ya que el dióxido de carbono es más pesado que el aire. También resulta peligroso cuando escapa más lentamente y de forma no detectada en zonas residenciales, por ejemplo en sótanos.

Los peligros que engendran tales escapes se conocen por la desgasificación natural del CO<sub>2</sub> volcánico. Las emanaciones de gas del cráter del Lago Nyos en Camerún en 1986 produjeron más de 1.700 víctimas, y al menos 10 personas han muerto en la región del Lazio, en Italia, durante los últimos 20 años como resultado de las emanaciones de CO<sub>2</sub>.

### almacenamiento de carbono y objetivos de cambio climático

¿Puede contribuir el almacenamiento del carbono a los objetivos de reducción del cambio climático? Para evitar un cambio climático peligroso debemos reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo en un 50% para 2050. Las centrales térmicas que almacenan CO<sub>2</sub> están aún en fase de desarrollo y sólo serán realidad dentro de 15 años como muy pronto, lo que significa que no tendrán una contribución importante a la protección del clima hasta el año 2020 y son por tanto irrelevantes para los objetivos del Protocolo de Kioto.

Tampoco es de gran ayuda el almacenamiento de CO<sub>2</sub> para lograr el objetivo de reducción de un 80% para 2050 en los países de la OCDE. Si esta tecnología consigue estar lista para 2020, la mayoría de las nuevas centrales térmicas estarán acabando de ser modernizadas. En último caso sólo serviría para modernizar centrales térmicas existentes y para la captura de CO<sub>2</sub> del gas que sale de las chimeneas. Dado que la modernización de las centrales existentes es muy costosa, se necesitarían unos precios altos de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> para que resultara rentable.

El uso del secuestro del CO<sub>2</sub> incrementa también el precio de la electricidad generada a partir de combustibles fósiles. Aunque los costes de almacenamiento dependen de un gran número de factores, como la tecnología empleada para la separación, el transporte y el tipo de instalación para su almacenamiento, los expertos del Panel Intergubernamental de la ONU sobre Cambio Climático vaticinan unos costes adicionales del orden de entre 3,5 y 5,0 cént ?/kWh de energía. Dado que las modernas turbinas eólicas situadas en emplazamientos de vientos adecuados ya pueden competir, en cuanto a costes, con las centrales de carbón de nueva construcción, los costes serán con toda probabilidad el problema más importante. Esto significa que la tecnología de secuestro y almacenamiento del CO<sub>2</sub> hará aumentar a más del doble el coste de la electricidad actual.

### conclusiones

Las fuentes de energía renovable son ya una realidad, en muchos casos más económica, porque carece de los impactos medioambientales negativos asociados con el uso de los combustibles fósiles, su transporte y procesado. La energía renovable junto con la eficiencia energética y el ahorro energético son las técnicas que deben aumentar en todo el mundo, y NO el secuestro y almacenamiento del carbono, para frenar la principal causa del cambio climático, la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.



Greenpeace se opone al secuestro y almacenamiento de carbono (CCS) porque conduce a:

- amenazar la normativa global y regional vigente que regula la eliminación de residuos en el mar (en la columna de agua o en los fondos marinos).
- continuar o aumentar la financiación del sector de los combustibles fósiles, en detrimento de las energías renovables y la eficiencia energética.
- estancar las energías renovables, la eficiencia energética y la promoción del ahorro
- no promocionar las posibilidades de esta tecnología, en un futuro, como la principal solución del cambio climático, que llevaría al desarrollo de nuevas investigaciones sobre combustibles fósiles – especialmente las centrales de lignito y carbón, y al aumento de emisiones a corto y medio plazo

### tecnología nuclear

La generación de electricidad a partir de energía nuclear implica la transferencia del calor producido mediante una fisión nuclear controlada hasta un generador de turbina de vapor convencional. La reacción nuclear tiene lugar dentro del núcleo contenido en una vasija de contención de diseño y estructura diferentes. El calor se elimina del núcleo por enfriamiento (gas o agua) y la reacción se controla con un elemento “moderador”.

Durante las dos últimas décadas se ha producido en todo el mundo una ralentización general en la construcción de nuevas centrales nucleares consecuencia de una serie de factores: miedo a un accidente nuclear, tras los acontecimientos de Three Mile Island, Chernobyl y Monju y una mayor concienciación sobre factores económicos y medioambientales, como la gestión de los residuos y las descargas radiactivas.

### diseños de los reactores nucleares: evolución y seguridad

A principios de 2005 había 441 reactores nucleares operando en 31 países de todo el mundo. Aunque existen docenas de diferentes diseños y tamaños, podemos clasificarlos en tres categorías actualmente en uso o en periodo de desarrollo, que son:

**I Generación:** prototipo de reactores comerciales desarrollado en los años 50 y 60 a partir de la modificación y la ampliación de los reactores militares, utilizados en su origen para la propulsión de submarinos o para la producción de plutonio.

**II Generación:** principales diseños de reactores comerciales en funcionamiento en todo el mundo.

**III Generación:** Los reactores de III generación incluyen los denominados “Reactores avanzados”, tres de los cuales están funcionando en Japón y otros se encuentran en construcción o en proyecto. Se estima que se estén desarrollando unos 20 diseños diferentes?, la mayoría de los cuales son diseños “evolucionados” desarrollados a partir de los tipos de reactores de II generación con algunas modificaciones, pero sin la inclusión de cambios drásticos. Algunos de ellos representan enfoques más innovadores. Según la Asociación Nuclear Mundial, los reactores de III generación se caracterizan por:

- un diseño estándar para cada tipo para agilizar la concesión de licencias y reducir los costes de capital y el tiempo de construcción

- un diseño más sencillo y más robusto, facilitando su funcionamiento y haciéndolos menos vulnerables a problemas de funcionamiento
- una disponibilidad y una vida útil mayores, generalmente de 60 años
- menos posibilidades de accidentes por fusión del núcleo
- impacto mínimo sobre el medio ambiente
- una mayor combustión para reducir el uso de combustible y la cantidad de residuos
- absorbentes consumibles (“venenos”) para aumentar la vida del combustible

Hasta qué punto atajan estos objetivos asuntos relacionados con los niveles de seguridad, y no sólo con la mejora económica, es algo que no queda del todo claro.

**el reactor de agua a presión europeo (EPR)** ha sido desarrollado a partir de los diseños de II generación más recientes para su funcionamiento inicial en Francia y Alemania<sup>15</sup>. Sus objetivos son mejorar los niveles de seguridad – en especial, reducir hasta diez veces las probabilidades de accidentes graves, mitigar los efectos de un accidente grave limitando sus consecuencias a la misma instalación, y reducir costes. Pero, comparado con sus predecesores, el EPR presenta varias modificaciones que reducen sus márgenes de seguridad, como:

- Se ha reducido el volumen del edificio de contención del reactor simplificando la configuración del sistema de enfriamiento de emergencia del núcleo, y utilizando los resultados de nuevos cálculos que predicen menos formación de hidrógeno durante un accidente.
- Se incrementó un 15% la salida térmica de la central en relación con el modelo francés aumentando la temperatura del núcleo y permitiendo que las bombas principales del refrigerante funcionen a mayor capacidad y modificando los generadores de vapor.
- El EPR presenta menos trenes redundantes en los sistemas de seguridad que el reactor alemán de II generación.

Algunas otras modificaciones son aclamadas como importantes mejoras de seguridad, como la inclusión de un sistema de “colector del núcleo” para controlar un accidente de fusión. Y a pesar de los cambios acometidos, no existe garantía de que el nivel de seguridad del EPR represente una mejora significativa: la reducción de hasta diez veces de las probabilidades esperadas de fusión del núcleo no está probada, y existen serias dudas sobre el éxito de la mitigación y control de un accidente por fusión del núcleo con el concepto de “colector del núcleo”.

Por último, actualmente se encuentran en periodo de desarrollo los reactores de **IV generación** con la idea de comercializarlos en 20-30 años.

### referencias

- 14** IAEA 2004; WNO 2004a  
**15** HAINZ 2004.

## tecnologías para energía renovable

Las energías renovables incluyen diversas fuentes naturales que se renuevan constantemente, por lo que, a diferencia de los combustibles fósiles y del uranio, no se agotarán nunca. La mayoría de ellas derivan de los efectos del sol y de la luna en los esquemas climatológicos terrestres. También son limpias, no producen emisiones peligrosas ni contaminación asociadas con los combustibles "convencionales". Aunque desde mediados del siglo pasado se utiliza la energía hidroeléctrica a escala industrial, la explotación sería de otras fuentes de energía renovable tiene una historia más reciente.

### energía solar (fotovoltaica)

Hay radiación solar más que suficiente en todo el mundo para satisfacer una elevada y creciente demanda de energía. La energía solar que llega a la superficie terrestre es suficiente para generar 2.850 veces más de la energía que se utiliza actualmente. A nivel general, cada metro cuadrado de la Tierra está expuesto a suficiente radiación solar para producir 1.700 kWh de energía cada año. La radiación media en Europa es de alrededor de 1.000 kWh por metro cuadrado, mientras que en Oriente Medio es de 1.800 kWh.

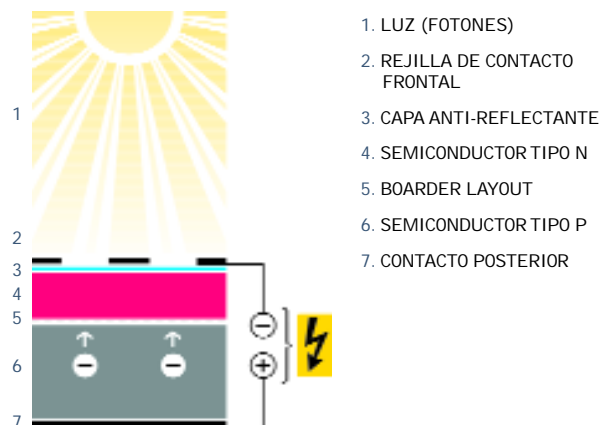
La tecnología fotovoltaica (FV) genera electricidad a partir de la luz. El secreto de este proceso es el uso de un material semiconductor que puede ser adaptado para liberar electrones, las partículas de carga negativa que son la base de la electricidad. El material semiconductor más utilizado en las células fotovoltaicas es el silicio, un elemento que se encuentra en la arena. Todas las células FV tienen al menos dos capas de este tipo de semiconductores, una con carga positiva y otra con carga negativa. Cuando la luz incide en el semiconductor, el campo eléctrico que se crea en la unión entre ambas capas hace que fluya electricidad. A mayor intensidad de la luz, mayor será el flujo de electricidad, aunque un sistema fotovoltaico no necesita luz solar potente para funcionar, ya que puede generar electricidad incluso en días nublados. El sistema solar FV difiere de un sistema solar basado en termocoletores (ver más abajo) donde los rayos del sol se utilizan para generar calor, empleado generalmente para obtener agua caliente en los hogares, calentamiento de piscinas, etc.

Las piezas más importantes de un sistema FV son las células, que representan los componentes básicos, los módulos que unen grandes cantidades de células en una unidad y, en algunos casos, los inversores utilizados para convertir la electricidad generada a una forma adecuada para el uso diario. Cuando se habla de una instalación FV de una capacidad de 3 kWp (pico), se refiere al rendimiento o salida del sistema bajo condiciones de prueba estándar, permitiendo la comparación entre diferentes módulos. En Europa central, un sistema de electricidad solar de 3 kWp, con una superficie aproximada de 27 metros cuadrados, podría producir suficiente energía para suplir las demandas de electricidad de un hogar concienciado con la energía.

## tipos de sistemas FV

- **conectado a la red** El tipo de sistema solar FV es el más popular para hogares y oficinas en el mundo industrializado. La conexión con la red eléctrica local permite vender a la compañía la electricidad sobrante. La electricidad se importa desde la red después durante las horas de oscuridad. Se utiliza un convertidor de voltaje para convertir la corriente continua producida por el sistema en corriente alterna para su empleo con aparatos eléctricos normales.
- **soporte a la red** También puede conectarse un sistema a la red eléctrica local como batería de refuerzo. La electricidad sobrante producida después de la descarga de la batería se vende a la red eléctrica. Es un sistema ideal para zonas donde no se garantiza un suministro eléctrico fiable.
- **aislada de la red** Totalmente independiente de la red eléctrica, el sistema se conecta a una batería mediante un regulador de carga, que almacena la electricidad generada y actúa como la principal fuente de suministro eléctrico. Puede utilizarse un inversor para obtener corriente alterna y poder utilizarla en electrodomésticos usuales. Aplicaciones típicas aisladas de la red son las estaciones repetidoras para teléfonos móviles o la electrificación en zonas rurales. Para esta última se emplean pequeños sistemas solares domésticos (SHS) que cubren las necesidades básicas de electricidad, o mini-redes solares, que son sistemas de electricidad solar más grandes que producen electricidad para varios hogares.
- **sistema híbrido** Puede combinarse un sistema solar con otra fuente de energía (un generador de biomasa, una turbina eólica o un generador diesel) para garantizar un suministro constante de electricidad. Un sistema híbrido puede conectarse a la red, funcionar con autonomía o con soporte de la red eléctrica.

figura 31: tecnología fotovoltaica



### centrales de concentración de energía solar (CSP)

Las plantas de concentración de energía solar (CSP), denominadas también centrales termosolares, producen electricidad de forma bastante similar a las centrales convencionales. La diferencia es que obtienen su energía concentrando la radiación solar y convirtiéndola en vapor o gas a alta temperatura para accionar una turbina o un motor. Se utilizan espejos de gran tamaño para concentrar la luz solar en una línea o un punto, y el calor acumulado se utiliza para generar vapor. Este vapor caliente, a alta presión, se emplea para accionar turbinas que generan electricidad. En las regiones bañadas por el sol, las plantas CSP pueden garantizar grandes cuotas de la producción de electricidad.

Para esta tecnología se necesitan cuatro elementos principales: un concentrador, un receptor, algún tipo de medio de transmisión o almacenamiento, y un convertor de electricidad. Pueden utilizarse diferentes sistemas, como combinaciones con otras tecnologías renovables y no renovables, pero las tres tecnologías termosolares más prometedoras son:

- **cilindro parabólica** Se utilizan reflectores de espejo cilíndricos para concentrar la luz solar en tubos receptores térmicamente eficientes colocados en la línea focal del cilindro. Se hace circular un fluido de intercambio térmico, como un aceite térmico sintético, por estos tubos. Calentado a unos 400°C por acción de los rayos solares concentrados, este aceite es bombeado a través de una serie de intercambiadores térmicos para producir vapor super caliente que se convierte en energía eléctrica en un generador convencional de turbina de vapor que puede formar parte de un ciclo de vapor convencional o integrarse en un ciclo combinado de turbina de vapor y gas.

Ésta es la tecnología más avanzada, con 354 MWe de centrales conectadas a la red eléctrica del Sur de California desde los años 80 y más de 2 millones de metros cuadrados de colectores cilindro parabólicos instalados en todo el mundo.

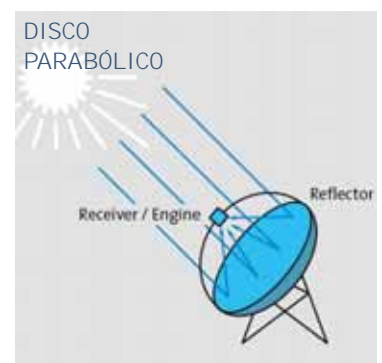
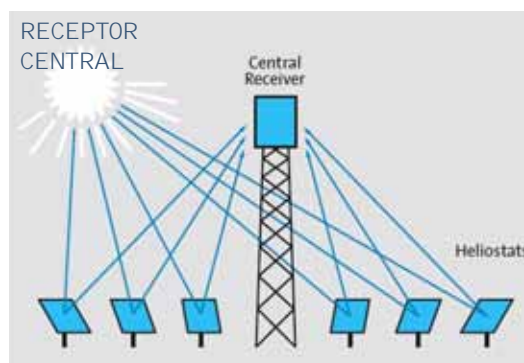
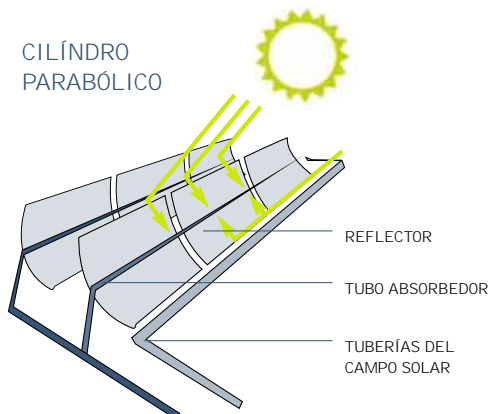
- **receptor central o torre solar** Se utiliza un conjunto circular de heliostatos (grandes espejos de seguimiento individual) para concentrar la luz solar en un receptor central montado en la parte superior de una torre. Un agente intercambiador absorbe la radiación de alta concentración reflejada por los heliostatos y la convierte en energía térmica para su uso en la generación de vapor super calentado que hará funcionar la turbina. Hasta la fecha se han utilizado diferentes medios de intercambio térmico como agua/vapor, sales fundidas, sodio líquido y aire. Si se emplea gas o aire a presión a temperaturas muy altas, de unos 1.000°C o superiores, como medio de transferencia térmica, pueden emplearse incluso para sustituir directamente al gas natural en una turbina de gas, aprovechando la magnífica eficiencia (60%+) de los ciclos combinados modernos de gas y vapor.

Tras el aumento de capacidad de hasta 30 MW, los creadores de torres solares afirman que será posible construir centrales térmicas conectadas a la red de hasta una capacidad de 200 MWe. El uso de almacenamiento de calor aumentará su flexibilidad, y aunque se cree que las centrales con torres solares están más lejos de su comercialización que los sistemas cilindro parabólicos, ofrecen unas buenas perspectivas a largo plazo de grandes eficiencias en la conversión. Actualmente existen proyectos en desarrollo en España, Sudáfrica y Australia.

- **antena parabólica** Se utiliza un reflector en forma de disco para concentrar la luz solar en un receptor situado en su punto focal. El haz de radiación concentrado es absorbido en el receptor para calentar un fluido o gas (aire) a unos 750°C. Éste se utiliza después para generar electricidad en un pequeño pistón, un motor Stirling o una micro turbina, conectados al receptor.

El potencial de las antenas parabólicas estriba principalmente en el suministro descentralizado de energía y en el uso de sistemas remotos autónomos. Actualmente se encuentran en fase de desarrollo algunos proyectos en EEUU, Australia y Europa.

figuras 32 - 34: cilindro parabólico/receptor central o torre solar/disco parabólico



### colectores termosolares

Los sistemas de colectores termosolares se basan en un principio de hace siglos: el sol calienta el agua contenida en un depósito oscuro. Las tecnologías termosolares en el mercado hoy día son eficientes y muy fiables y son capaces de crear energía para diversas aplicaciones: desde agua caliente para uso doméstico y calefacción en edificios residenciales y comerciales hasta calentamiento de piscinas, refrigeración solar, calor para procesos industriales y la desalinización de agua potable.

### agua caliente solar para uso doméstico y calentamiento de edificios

La producción de agua caliente para uso doméstico es la aplicación más común. Dependiendo de las condiciones y de la configuración del sistema, la energía solar puede cumplir con la mayoría de los requisitos de agua caliente de un edificio. Sistemas más grandes pueden a su vez suplir una parte importante de las necesidades energéticas para calefacción. Existen dos tipos principales de tecnologías:

- **tubos de vacío:** el absorbedor situado en el interior del tubo de vacío absorbe la radiación del sol y calienta el líquido del interior. La radiación adicional se recoge desde el reflector situado tras los tubos. Independientemente de la posición del ángulo del sol, la forma redonda del tubo de vacío permite que llegue hasta el absorbedor, e incluso en un día nublado, cuando la luz proviene de diferentes ángulos a la vez, el colector del tubo de vacío puede ser aún efectivo.
- **paneles planos:** se trata básicamente de una caja con una tapa de cristal que se monta en el tejado como un tragaluz. Dentro de la caja se montan una serie de tubos de cobre con aletas de cobre. Toda la estructura se encuentra recubierta de una sustancia negra para capturar los rayos solares, y estos rayos calientan una mezcla de agua y anticongelante que circula desde el colector hasta la caldera del edificio.

### sistema de aire acondicionado solar

Los refrigeradores solares utilizan energía térmica para producir refrigeración y/o deshumidificar el aire de una manera similar a la de un refrigerador o sistema de aire acondicionado convencional. Esta aplicación es perfectamente adecuada para energía solar térmica, ya que la demanda de refrigeración es casi siempre mayor cuando hace más calor. La refrigeración solar ha probado con éxito su funcionamiento y en un futuro cabe esperar su uso a gran escala.

figura 35: panel solar plano



### energía eólica

Durante los últimos 20 años, la energía eólica se ha convertido en la fuente de energía de mayor crecimiento. Hoy día existe una sofisticada industria de producción a gran escala de turbinas eólicas que utiliza una tecnología eficiente, económica y fácil de instalar. Las turbinas tienen un tamaño desde unos pocos kW hasta más de 5.000 kW, con algunas de más de 100m de altura. Una turbina eólica grande puede producir suficiente electricidad para unos 5.000 hogares. Un buen parque eólico de alta mar hoy día puede estar formado sólo por unas cuantas turbinas y ser capaz de producir hasta varios cientos de MW.

Las reservas mundiales de viento son enormes, capaces de generar más electricidad de la demanda total del mundo, y se encuentra bien distribuida en los cinco continentes. Pueden instalarse turbinas eólicas no sólo en las zonas costeras más ventosas, sino también en países sin costas, como regiones centrales de Europa del Este, el centro de Norteamérica y de Sudamérica y Asia central. La fuerza del viento en el mar es incluso más productiva que en tierra, por lo que se fomenta la instalación de parques eólicos de alta mar con cimentaciones en el lecho marino. En Dinamarca, un parque eólico construido en 2002 utiliza 80 turbinas para producir suficiente electricidad para una ciudad entera con una población de 150.000 personas.

Las turbinas eólicas más pequeñas pueden producir energía en zonas que no tienen acceso a la electricidad. Esta energía puede utilizarse directamente o almacenarse en baterías. Se están desarrollando nuevas tecnologías para el uso de la energía eólica para edificios en ciudades con alta densidad de población.

### diseño de las turbinas eólicas

Desde los años 80 se ha consolidado de manera importante el diseño de las turbinas eólicas. La mayoría de las turbinas comerciales hoy día funcionan con un eje horizontal con tres palas colocadas a igual distancia. Estas se conectan a un rotor desde el que se transfiere la energía a través de un multiplicador hasta un generador que van encerrados en un alojamiento denominado góndola. Algunas turbinas excluyen el multiplicador y utilizan accionamiento directo. La electricidad se canaliza por la torre hasta un transformador y por último hasta la red eléctrica local.

Las turbinas eólicas pueden operar a velocidades del viento de 3-4 metros por segundo hasta unos 25 m/s. Se limita su potencia a altas velocidades del viento con un sistema de regulación de pérdida de sustentación o "stall" – reduciendo la salida de potencia – o de regulación por cambio del ángulo de paso – cambiando el ángulo de las palas para que no ofrezcan resistencia al viento. El sistema de regulación por cambio del ángulo de paso es el método más utilizado. Las palas también pueden girar a una velocidad constante o variable, permitiendo esta última que la turbina se adapte más al cambio de velocidad del viento.

Las principales objetivos del diseño de la tecnología eólica de hoy día son:

- una gran productividad en emplazamientos de mucho y poco viento
- compatibilidad con la red eléctrica
- rendimiento acústico
- rendimiento aerodinámico



**imagen** PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA CON GENERADORES EÓLICOS Y PANELES SOLARES.



- impacto visual
- ampliación en alta mar

Aunque el mercado actual de instalaciones marinas es sólo del 0,4% de todas las instalaciones eólicas terrestres del mundo, los últimos desarrollos en tecnología eólica se han visto empujados por este potencial de crecimiento, lo que significa que actualmente el mercado se ha enfocado en el desarrollo de métodos más eficaces para la construcción de turbinas de gran tamaño.

Puede disponerse de tecnología eólica moderna para distintos emplazamientos – con vientos fuertes o moderados, climas desérticos y árticos. Los parques eólicos marinos de Europa operan con una elevada disponibilidad, se encuentran por lo general perfectamente integrados en el medio ambiente y son bien aceptados por la población. A pesar de las constantes especulaciones sobre su igualación a un tamaño medio óptimo y al hecho de que las turbinas eólicas no pueden seguir creciendo indefinidamente, éstas han aumentado de tamaño año tras año, desde unidades de 20-60 kW instaladas en California en los 80 hasta las máquinas multi MW más modernas con rotores de más de 100 m. de diámetro. El tamaño medio de las turbinas instaladas en todo el mundo durante 2005 fue de 1.282 kW, mientras que la máquina más grande en funcionamiento es el modelo Enercon E112, con una capacidad de hasta 6 MW y orientada al mercado de alta mar.

Este aumento del tamaño de las turbinas ha coincidido con la expansión del mercado y el crecimiento de los fabricantes. Hay más de 80.000 turbinas eólicas operando hoy en más de 50 países de todo el mundo, siendo el mercado alemán el más importante. Además, se está registrando un crecimiento impresionante en países como España, Dinamarca, India y EEUU.

## biomasa

Biomasa es un término muy amplio utilizado para describir el material de origen biológico reciente que puede ser utilizado como fuente de energía. En este término se incluye la madera, cosechas, algas y otras plantas y los residuos agrícolas y forestales. La biomasa puede emplearse para muchos usos: calentamiento, generación de electricidad o como combustible para transporte. El término 'bioenergía' se emplea para los sistemas energéticos de biomasa que producen calor y/o electricidad y 'biocombustibles' para combustibles líquidos para transporte. El biodiesel fabricado a partir de diversas cosechas se utiliza cada vez más como combustible para vehículos, especialmente desde la subida de precios del petróleo.

Las fuentes de energía biológicas son renovables, se almacenan fácilmente y, si se cultivan de forma sostenible, no producen emisiones de dióxido de carbono debido a que el gas emitido durante su conversión en fuente de energía útil es equilibrado por el dióxido de carbono absorbido durante su etapa como plantas.

Las centrales térmicas de biomasa para producción de electricidad funcionan igual que las de gas natural o las de carbón, con la excepción de que se debe procesar el combustible antes de poder quemarlo. Generalmente estas centrales eléctricas no son tan grandes como las centrales de carbón, debido a que su suministro de combustible debe cultivarse lo más cerca posible de la central eléctrica. La generación de calor de biomasa puede obtenerse utilizando el calor procedente de una unidad de cogeneración de calor y electricidad (PCCE), que canaliza el calor hasta hogares o centros industriales vecinos, o con sistemas calefactores especiales. Pueden utilizarse sistemas calefactores pequeños que utilicen pastillas de residuos de madera (pellets) producidos especialmente a partir de madera de desecho, por ejemplo, para calentar hogares familiares en sustitución del gas natural o del gasóleo.

figura 36: turbina eólica

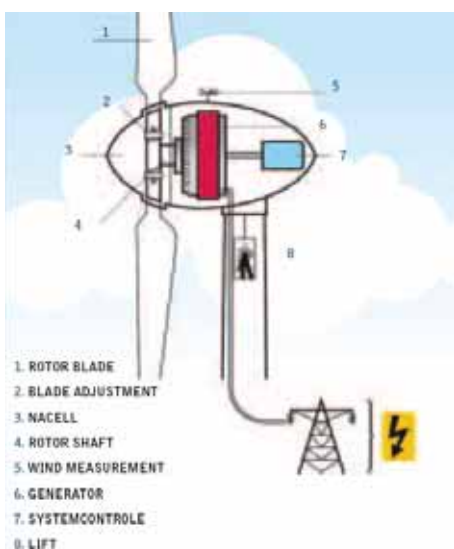
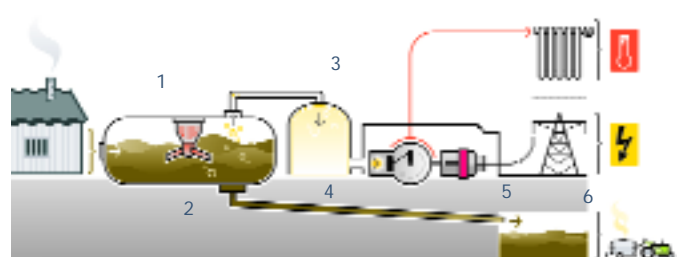


figura 37: biomasa



## tecnología de la biomasa

Puede utilizarse un gran número de procesos para convertir la energía obtenida de la biomasa. Estos se dividen en dos sistemas térmicos, que implican la combustión directa de sólidos, líquidos o gas por pirólisis o gasificación, y los sistemas biológicos, que realizan la descomposición de la biomasa sólida en combustibles líquidos o gaseosos mediante procesos como la digestión anaeróbica y la fermentación.

### sistemas térmicos

- **combustión directa** La combustión directa es la forma más común de convertir la biomasa en energía para producir calor y electricidad. En todo el mundo supone más del 90% de la generación por biomasa. Las diferentes tecnologías empleadas son las de lecho fijo, lecho fluidizado o de lecho arrastrado. En la combustión en lecho fijo, como un horno, el aire primario pasa por un lecho fijo donde tienen lugar los procesos de secado, gasificación y combustión de carbón vegetal. Los gases de combustión producidos se queman tras la incorporación del aire secundario, generalmente en una zona separada del lecho del combustible. En la combustión en lecho fluidizado, el aire de combustión primario se inyecta desde la base del horno a una velocidad tal que convierte el material del interior del horno en una masa hirviente de partículas y burbujas. La combustión de lecho arrastrado es aconsejable para combustibles disponibles en forma de pequeñas partículas como arena o virutas que se inyectan neumáticamente en el horno.
- **gasificación** Los combustibles procedentes de la biomasa son cada vez más utilizados con tecnologías de conversión avanzadas como los sistemas de gasificación, que ofrecen mayores eficiencias comparado con la generación de energía convencional. La gasificación es un proceso termoquímico en el cual se calienta la biomasa con poca presencia o en ausencia total de oxígeno para producir un gas de bajo contenido energético que puede utilizarse para accionar una turbina de gas o un motor de combustión para generar electricidad. La gasificación puede disminuir los niveles de emisiones comparado con la producción energética por combustión directa y con un ciclo de vapor.
- **pirólisis** La pirólisis es un proceso por el cual se expone la biomasa a unas altas temperaturas en ausencia total de aire, provocando su descomposición. La pirólisis produce siempre gas ('biogas'), líquido ('bio-oil') y sólido ('carbón vegetal'), cuyas proporciones relativas dependen de las características del combustible, del método de pirólisis y de los parámetros de la reacción, tales como la temperatura y la presión. Unas temperaturas más bajas producen productos más sólidos y líquidos, y unas temperaturas más elevadas producen más biogás.

### sistemas biológicos

Estos procesos son ideales para biomasa compuesta por materiales muy húmedos, como la madera o los residuos agrícolas, incluido el estiércol líquido.

- **digestión anaeróbica** La digestión anaeróbica es la ruptura de residuos orgánicos por acción de bacterias en un entorno libre de oxígeno. Produce un biogás formado generalmente por un 65% de metano y un 35% de dióxido de carbono. El biogás purificado puede utilizarse para la generación de calor o de electricidad.
- **fermentación** La fermentación es el proceso por el cual se descomponen plantas con un alto contenido en azúcares y almidones por la acción de microorganismos para producir etanol y metanol. El producto final es un combustible que puede utilizarse para vehículos.

Una central de biomasa puede tener una capacidad de hasta 15 MW, pero puede llegarse a centrales con una capacidad superior a 400 MW, utilizando una parte de combustible fósil, por ejemplo carbón pulverizado. La central térmica con biomasa más grande del mundo se encuentra en Pietarsaari, Finlandia. Construida en 2001, se trata de una unidad de cogeneración de calor y electricidad (PCCE) que produce vapor (100 MWth) y electricidad (240 MWe) para la industria forestal local y calor local para la ciudad cercana. Incluye una caldera de lecho fluidizado circulante diseñada para generar vapor a partir de corteza de madera, serrín, residuos madereros, biocombustible comercial y turba.

En un estudio de 2005 encargado por Greenpeace Holanda se afirma que es posible técnicamente construir y hacer funcionar una central eléctrica de 1.000 MWe de biomasa utilizando tecnología de combustión de lecho fluidizado y alimentándola con pastillas de residuos de madera (pellets).<sup>16</sup>

### referencia

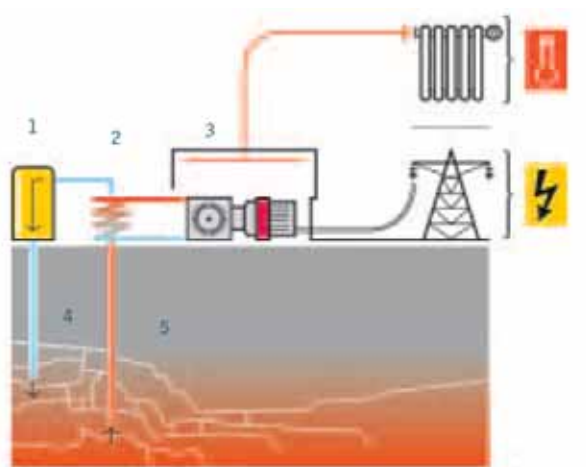
16 "OPPORTUNITIES FOR 1,000 MWE BIOMASS-FIRED POWER PLANT IN THE NETHERLANDS", GREENPEACE NETHERLANDS, MARZO DE 2005

## energía geotérmica

La energía geotérmica aprovecha el calor procedente de las profundidades de la corteza terrestre. En la mayoría de las zonas, este calor llega a la superficie en un estado muy difuso, pero debido a la variedad de procesos geológicos, algunas zonas, como la parte occidental de EEUU, las zonas occidental y central de Europa, Islandia, Asia y Nueva Zelanda ofrecen recursos geotérmicos a profundidades relativamente pequeñas que se clasifican como energía geotérmica de baja temperatura (menos de 90°C), de temperatura media (90° - 150°C) y de alta temperatura (superior a 150°C). Los usos que pueden darse a estos recursos dependen de la temperatura: la energía geotérmica de temperaturas más altas se emplea generalmente para la generación de energía eléctrica. La capacidad de generación de energía geotérmica en el mundo es de unos 8.000 MW. Los usos para recursos de temperatura baja y moderada pueden dividirse en dos categorías: uso directo y bombas de calor geotérmico.

Las centrales geotérmicas utilizan el calor natural de la tierra para vaporizar agua o un medio orgánico. El vapor obtenido activa una turbina que produce electricidad. En Nueva Zelanda e Islandia se utiliza esta técnica desde hace décadas. En Alemania, donde hay que perforar a muchos kilómetros de profundidad para alcanzar las temperaturas necesarias, se encuentra aún en período de prueba. Las centrales geotérmicas para producción de calor requieren temperaturas más bajas y el agua calentada se utiliza directamente.

figura 38: tecnología geotérmica



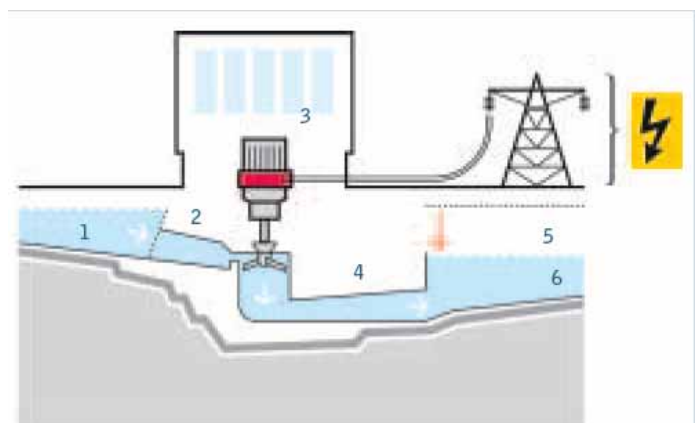
1. BOMBA
2. INTERCAMBIADOR DE CALOR (PRODUCE EL VAPOR)
3. TURBINA DE GAS
4. PERFORACIÓN PARA LA INYECCIÓN DE AGUA FRÍA
5. GENERADOR
6. CONTENIMIENTO DE RESIDUOS

## energía hidráulica

El agua se utiliza desde hace un siglo para producir electricidad. Hoy día, del orden de 1/5 de la electricidad mundial se produce a partir de energía hidráulica, pero las grandes centrales hidroeléctricas con presas de cemento y grandes pantanos tienen, en muchos casos, unos impactos negativos para el medio ambiente y requieren la inundación de zonas habitables. Con estaciones eléctricas más pequeñas o minicentrales, que son turbinas accionadas por una sección del agua corriente de un río, puede producirse electricidad de una forma más acorde con el medio ambiente.

El requisito principal para la energía hidráulica es crear una cabecera artificial para que el agua, desviada por un canal de descarga o una tubería hasta la turbina se distribuya de nuevo al río. Las centrales hidráulicas pequeñas o minicentrales no recogen grandes cantidades de agua embalsada, que requiere la construcción de grandes presas y pantanos. Existen dos tipos de turbinas: turbinas por impulso (Pelton) donde la tobera lanza un chorro de agua hacia la rueda que invierte el sentido del chorro y logra aprovechar la fuerza del agua. Esta turbina es ideal para cabeceras grandes y descargas 'pequeñas'. Las turbinas de reacción (especialmente los modelos Francis y Kaplan) funcionan llenas de agua y generan fuerzas de empuje hidrodinámicas que propelen las palas de la rueda. Estas turbinas son aconsejables para cabeceras y descargas de medianas a bajas.

figure 39: tecnología hidroeléctrica



1. CARGA
2. CRIBA
3. GENERADOR
4. TURBINA
5. CABECERA
6. DESCARGA

## energía oceánica

### energía mareomotriz

Puede obtenerse energía mareomotriz construyendo una presa o embalse en un estuario o bahía con una marea de al menos 5 metros. Unas compuertas en el embalse permiten que se acumule la marea de entrada en una cuenca tras él. Las compuertas se cierran para que, cuando fluya la marea, pueda ser canalizada por turbinas para generar electricidad. Se han construido modelos de este tipo en estuarios de Francia, Canadá y China, pero la combinación de unos costes elevados de los proyectos con objeciones medioambientales sobre su efecto en los hábitats ha limitado la expansión de esta tecnología.

### energía de oleaje y mareomotriz

En la generación de energía de oleajes, una estructura interactúa con las olas, convirtiendo esta energía en electricidad mediante un sistema de aprovechamiento de energía hidráulico, mecánico o neumático. La estructura se mantiene en posición con un sistema de anclaje o se coloca directamente en los fondos oceánicos o en la costa. La corriente se transmite al fondo del océano mediante un cable flexible sumergido y a la orilla mediante otro cable submarino.

Los convertidores de energía de oleaje pueden realizarse a partir de grupos conectados de generadores pequeños de 100 – 500 kW, o varios módulos mecánicos o interconectados hidráulicamente pueden crear un generador de turbina individual más grande, de 2 – 20 MW. Las grandes olas necesarias para abaratar la tecnología se originan, en muchos casos, a grandes distancias de la costa, necesitando cables submarinos costosos para transmitir la electricidad. Los convertidores también ocupan mucho espacio. La energía de las olas tiene la ventaja de ofrecer un suministro más predecible que la energía eólica y puede instalarse en el océano sin una gran intrusión visual.

Actualmente no existe una tecnología comercialmente líder para la conversión de la energía de las olas. Se están desarrollando diferentes sistemas en el mar para pruebas de prototipos que incluyen un dispositivo de boya flotante PowerBuoy de 50 kW instalado en Hawái, un dispositivo Pelamos de 750 kW, con secciones unidas cilíndricas semi-sumergidas, en funcionamiento en Escocia, una turbina de corriente mareomotriz subterránea de 300 kW que funciona en el suroeste de Inglaterra, un Stingray de 150 kW que también aprovecha corrientes mareomotrices, y un generador de energía por oleaje costero de 500 kW que funciona en la isla de Islay, Escocia. La mayoría del trabajo de desarrollo de estas tecnologías se ha realizado en el Reino Unido.

## eficiencia energética

La eficiencia energética a menudo tiene múltiples efectos positivos. Por ejemplo, una lavadora o un lavavajillas eficientes utilizan menos energía y menos agua. La eficiencia ofrece también más confort: una vivienda perfectamente aislada será más confortable durante el invierno, más fresca en verano y más sana. Un refrigerador eficiente hará menos ruido, no producirá escarcha dentro ni condensación por fuera y probablemente durará más. Una iluminación eficiente le ofrecerá más luz donde más se necesite. La eficiencia significa, por lo tanto 'más por menos'.

La eficiencia tiene un enorme potencial. En una vivienda pueden tomarse unas medidas muy simples, como colocar aislamiento adicional en el tejado, utilizar doble acristalamiento super-aislante o adquirir una lavadora de mayor eficiencia energética cuando se estropee la vieja. Todos estos ejemplos permitirán ahorrar dinero y energía. Pero los mayores ahorros no se producen sólo con este tipo de medidas. Los beneficios reales se obtienen de la reconsideración del concepto completo, es decir, 'la casa en su conjunto', 'el coche en su conjunto' o incluso 'el sistema de transportes en su conjunto'. Cuando consiga esto, verá cómo pueden recortarse las necesidades energéticas entre cuatro y diez veces comparado con las necesidades actuales.

Tomemos como ejemplo una casa: aislando correctamente todo el recinto exterior (desde el tejado hasta el sótano), para lo cual se necesita una inversión adicional, la demanda de calor será tan baja que podrá instalar un sistema de calefacción más pequeño y más barato – compensando así los costes extra del aislamiento. Con ello se consigue una casa que sólo necesita un tercio de la energía sin que su construcción sea más cara. Con un aislamiento suplementario e instalando un sistema de ventilación de alta eficiencia, se reduce una décima parte la demanda energética. Durante los últimos diez años se han construido en Europa miles de casas super-eficientes de este tipo. Esto no es un sueño de futuro, sino parte de la vida de todos los días.

Aquí tenemos otro ejemplo: imagine que es el director de una oficina. Durante los meses calurosos del verano el aire acondicionado bombea aire frío a las espaldas de su plantilla para mantenerla productiva, y como es bastante caro, podría pedir que un ingeniero inteligente mejore la eficiencia de las bombas de refrigeración. Pero por qué no reconsiderar el sistema en su conjunto. Si mejoramos el edificio para evitar que el sol caliente como un horno la oficina, instalamos ordenadores, fotocopiadoras y luces de bajo consumo (que ahorran electricidad y generan menos calor), e instalamos sistemas de refrigeración pasivos como ventilación nocturna – tal vez no llegue a necesitar más el sistema de aire acondicionado. Y si se hubiera planificado y construido adecuadamente el edificio, no habría tenido que comprar el aire acondicionado.



## electricidad

Existe un enorme potencial para ahorrar electricidad en un periodo de tiempo relativamente corto. Simplemente apagando el modo de energía de reposo y cambiando las bombillas por modelos de bajo consumo, se puede ahorrar electricidad y dinero en los hogares. Si todos los hogares tomaran estas medidas, podrían apagarse varias centrales térmicas de gran capacidad casi inmediatamente. En la siguiente tabla se ofrece un breve resumen de medidas a medio plazo para aparatos industriales y electrodomésticos:

**tabla 14: ejemplos del potencial de ahorro en electricidad**

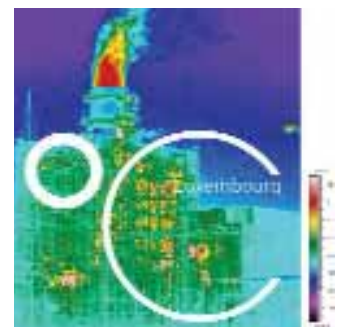
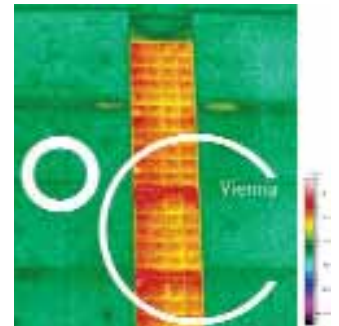
SECTOR	MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA	AHORRO ELECTRICIDAD
Industria	Sistemas de motores eficientes	30-40%
	Mayor reciclado del aluminio	35-45%
Otros sectores	Electrodomésticos eficientes	30-80%
	Equipos de oficina eficientes	50-75%
	Sistemas refrigeradores eficientes	30-60%
	Iluminación eficiente	30-50%
	Reducción de pérdidas por energía de reposo	50-70%
	Menor uso de electricidad en horas fuera de oficina	hasta 90%

**fuentes** ECOFYS 2006, GLOBAL ENERGY DEMAND SCENARIOS CALEFACCIÓN

## calefacción

El aislamiento y el diseño térmico pueden reducir considerablemente la pérdida de calor y contribuir a frenar el cambio climático. La demanda energética para calefacción en edificios ya construidos puede reducirse entre 30-50%; en nuevos edificios puede reducirse entre un 90-95% con tecnología y diseño competitivos al alcance de todos.

Pueden detectarse fácilmente las pérdidas térmicas mediante fotografía termográfica (ver ejemplo abajo). Una cámara termográfica puede detectar detalles que el ojo humano no puede. Las partes del edificio que tienen una temperatura superficial superior al resto aparecen en amarillo y rojo, que significa que en dichas áreas se está produciendo una fuga térmica por grietas y materiales de baja calidad aislante, perdiéndose una energía muy valiosa. Este problema afecta al medio ambiente por el derroche de reservas energéticas y provoca unos costes innecesarios a propietarios e inquilinos. Los puntos débiles más comunes son cristales y marcos de ventanas y paredes finas debajo de ventanas, donde se instalan normalmente los radiadores y, por lo tanto, el aislamiento debería ser óptimo.



**imágenes 1.** URBANIZACIÓN AM SCHOPFWERK DE VIENA. HAY PÉRDIDAS DE CALOR DE LAS VENTANAS Y VARIOS PUENTES DE CALOR EN LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO. **2.** CENTRAL TÉRMICA DE GAS TWINERG EN LUXMBURGO. LA PLUMA DE LOS GASES DE DESECHO NO ES VISIBLE NORMALMENTE. LA TERMOGRAFÍA REVELA EL DEROCHE DE ENERGÍA A TRAVÉS DE LA CHIMENEA.

## eficiencia energética en el escenario de [r]evolución energética

Se han tenido en cuenta diversas opciones en este estudio para reducir la demanda de energía durante el periodo hasta 2050 enfocando el análisis en las tecnologías para mejorar las buenas prácticas. El escenario asume una innovación continua en el campo de la eficiencia energética para seguir mejorando las buenas prácticas. En la tabla de abajo se observan las medidas aplicadas en los tres sectores (industria, transporte y doméstico/servicios). Se elaboran aquí algunos ejemplos.

tabla 15: medidas de eficiencia energética

SECTOR	OPCIÓN DE REDUCCIÓN
<b>Industria</b>	
General	Motores eficientes
General	Integrac. térmica/pto. de pliegue
General	Control de proceso mejorado
Aluminio	Mejora aluminio secundario
Hierro y acero	Altos hornos – inyección de carbón
Hierro y acero	Recup. gas + calor en convertidores BOF (horno de oxígeno básico)
Hierro y acero	Tecnología de colada
Industria química	Separac. de produc. por membranas
<b>Transporte</b>	
Vehículos de pasajeros	Vehículos de pasajeros eficientes (combustible híbr.)
Carga	Vehículos de carga eficientes
Autobuses	Autobuses eficientes
<b>Otros</b>	
Doméstico y servicios	Electrodomésticos eficientes
Servicios	Aparatos de refrigeración eficientes
Doméstico y servicios	Iluminación eficiente
Doméstico y servicios	Reducc. pérdidas energ. reposo
Doméstico y servicios	Aislamiento térmico mejorado
Servicios	Reducc. uso electr. en horas fuera oficina
Agricultura y otros no especificados	Mejora de la eficiencia energética

## industria

Aproximadamente el 65% del consumo de electricidad en la industria se utiliza para accionar motores eléctricos, algo que puede reducirse con el uso de mecanismos de transmisión de velocidad variable, motores de alta eficiencia y bombas, compresores y ventiladores más eficientes. Pueden lograrse unos ahorros de hasta el 40%.

La producción de aluminio primario a partir de la alúmina (formada a su vez por bauxita) es un proceso de gran consumo energético que se produce pasando una corriente directa por un baño con alúmina disuelta en un electrodo con criolita fundida. Otra opción es producir aluminio a partir de residuos reciclados, un proceso que se denomina producción secundaria. El aluminio de producción secundaria utiliza sólo entre el 5 y el 10% de la demanda energética de la producción primaria porque implica volver a fundir el metal en lugar de un proceso de reducción electroquímico. Si se aumenta el reciclado del 22% de la producción de aluminio de 2005 hasta un 60% para 2050, se podría ahorrar hasta un 45% de electricidad.

## transportes

Con el uso de vehículos híbridos (eléctricos/combustión) y otras medidas de eficiencia podría reducirse hasta un 80% el consumo energético en los vehículos de pasajeros para 2050.

## doméstico/servicios

El uso de energía por los electrodomésticos como lavadoras, lavavajillas, televisores y refrigeradores puede reducirse un 30% utilizando las mejores opciones disponibles y un 80% con el uso de tecnologías avanzadas. La energía utilizada por los aparatos de oficina puede reducirse entre 50-75% con la combinación de una gestión de los recursos y de sistemas informáticos de eficiencia energética.

El uso del modo de energía de reposo para electrodomésticos y aparatos es responsable del consumo del 5-13% de electricidad en los hogares de los países de la OCDE. Pueden sustituirse los electrodomésticos existentes por otros con pérdidas más pequeñas y con ello se reducirá en un 70% el consumo energético.

**Un mejor diseño de los edificios y un aislamiento térmico efectivo permitirán ahorrar hasta un 80% de la demanda térmica media de los edificios.**

# políticas recomendadas

"... CONTRIBUYEN A LOGRAR UN CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIBLE, A CREAR PUESTOS DE TRABAJO DE ALTA CALIDAD, AL DESARROLLO TECNOLÓGICO, A LA COMPETITIVIDAD A NIVEL MUNDIAL Y AL LIDERAZGO EN LA INDUSTRIA Y LA INVESTIGACIÓN."



Ahora que los gobernantes de todo el mundo se encuentran frente a un proceso de liberalización de sus mercados eléctricos, el aumento de competitividad de las energías renovables debería llevar a un aumento de su demanda. Pero, sin un apoyo político, la energía renovable seguirá en desventaja, marginada por distorsiones de los mercados eléctricos mundiales creadas por décadas de apoyo masivo de tecnologías convencionales desde el punto de vista financiero, político y estructural. Para el desarrollo de las energías renovables se necesitan grandes esfuerzos políticos y económicos, especialmente con leyes que garanticen unas tarifas estables durante un periodo de hasta 20 años.

Actualmente los nuevos generadores de energía renovable tienen que competir con viejas centrales nucleares y de combustible fósil que producen electricidad a costes marginales porque tanto los consumidores como los contribuyentes ya han pagado el interés y la depreciación en las inversiones originales. Se necesita una acción política para superar estas distorsiones y crear un principio de igualdad de condiciones.

A continuación se ofrece un resumen de las barreras y los marcos políticos actuales que hay que superar para desbloquear el enorme potencial de las energías renovables y convertirlas en un importante factor en el suministro global de energía. En el proceso también contribuyen a lograr un crecimiento económico sostenible, a crear puestos de trabajo de alta calidad, al desarrollo tecnológico, a la competitividad a nivel mundial y al liderazgo en la industria y la investigación.

## objetivos de energías renovables

Durante los últimos años, un gran número de países establecieron unos objetivos para las energías renovables enmarcados en sus políticas de reducción de gases de efecto invernadero y con el objetivo de mejorar la seguridad de sus suministros energéticos. Estos objetivos se suelen expresar en términos de capacidad instalada o como un porcentaje del consumo energético. Aunque en muchas ocasiones estos objetivos no son de obligado cumplimiento, han sido importantes catalizadores para mejorar la cuota de energías renovables en todo el mundo, desde Europa hasta el Lejano Oriente y EEUU.

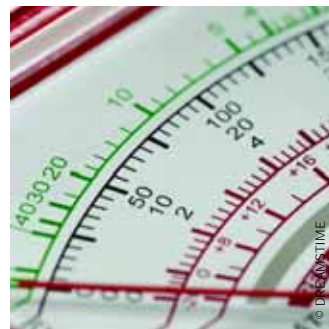
Un plazo de unos cuantos años para la planificación, no es suficiente para el sector eléctrico, donde puede registrarse un plazo de inversiones de hasta 40 años. Los objetivos de las energías renovables deben contar con medidas a corto, medio y largo plazo y ser de obligado cumplimiento para que resulten efectivas. También deben estar apoyadas por mecanismos tales como un sistema de retribución por primas. Para poder conseguir un aumento importante de la proporción de energías renovables se deben acordar objetivos en consonancia con el potencial local de cada tecnología (eólica, solar, biomasa, etc.) y en función de la infraestructura local, tanto la existente como la planificada.

En los últimos años la energía eólica y la solar han demostrado que es posible mantener un crecimiento del 30 al 35% en el sector de las renovables. Junto con la Asociación Europea de Industria Fotovoltaica, la Asociación Europea de Industria Termosolar y la Asociación Europea de Energía Eólica<sup>2</sup>, Greenpeace y el EREC han documentado la evolución de esas industrias desde 1990 en adelante y han presentado un pronóstico de crecimiento hasta el año 2020.

### referencia

**2** SOLAR GENERATION (EPIA), CONCENTRATED SOLAR THERMAL POWER – NOW! (GREENPEACE), WINDFORCE 12 (EWEA), PERSPECTIVAS GLOBALES DE LA ENERGÍA EÓLICA 2006, GWEC





## demandas al sector energético

Greenpeace y la industria de las energías renovables tienen una clara agenda de cambios que deben introducirse en materia de política energética a fin de fomentar el paso a los recursos renovables. Sus principales demandas son:

- Eliminar paulatinamente todas las subvenciones a combustibles fósiles y a la energía nuclear e internalizar los costes externos
- Establecer objetivos de obligado cumplimiento para las energías renovables
- Proveer de beneficios definidos y estables a los inversores
- Un acceso prioritario garantizado a la red a los generadores de energía renovable
- Una normativa estricta y eficiente sobre consumo energético para todos los electrodomésticos, edificios y vehículos

Las fuentes de energía convencionales reciben unos 250-300 mil millones de dólares<sup>3</sup> en subvenciones anuales en todo el mundo, lo que provoca unos mercados altamente distorsionados. El Worldwatch Institute estima en 63 mil millones de dólares las subvenciones mundiales totales al carbón, mientras que sólo en Alemania el total alcanza los 21 mil millones de dólares, incluyendo unas cifras en ayuda directa de más de 85.000 dólares por minero. Las subvenciones reducen artificialmente el precio de la energía, dejan fuera del mercado a las energías renovables y fomentan tecnologías y combustibles no competitivos. Si se eliminaran las subvenciones directas e indirectas a los combustibles fósiles y a la energía nuclear, podríamos comenzar a avanzar hacia una igualdad de condiciones en el sector energético. El informe de 2001 del Equipo de Trabajo del G8 sobre Fuentes de Energías Renovables afirma que "reorientándolas [las subvenciones] y realizando incluso una pequeña reorientación de estos importantes flujos financieros hacia las renovables se crea una oportunidad para dotar de una mayor consistencia a los nuevos objetivos públicos e incluir los costes sociales y medioambientales en los precios." El Equipo de Trabajo recomendaba: "Los países del G8 deberían tomar medidas para retirar incentivos y otras ayudas de las tecnologías energéticas irrespetuosas con el medio ambiente, y deberían desarrollar e implantar mecanismos de mercado para tratar las externalizaciones, para que las tecnologías para generar energía renovable puedan competir en el mercado de manera más justa y equitativa."

Las energías renovables no necesitarían provisiones especiales si los mercados no estuvieran distorsionados por el hecho de que contaminar es aún prácticamente gratuito para los productores de electricidad (y para todo el sector energético en general). Las subvenciones a tecnologías totalmente desarrolladas y contaminantes es algo altamente improductivo. La retirada de subvenciones a las centrales eléctricas convencionales no sólo ahorrarían dinero a los contribuyentes, también reducirían considerablemente la necesidad de apoyo económico a la energía renovable.

Sigue una descripción más completa de las medidas a tomar para eliminar o compensar por las distorsiones actuales en el mercado energético.

## 1. eliminación de distorsiones en el mercado energético

Una barrera importante que impide a la energía renovable alcanzar todo su potencial es la ausencia de estructuras de precios en los mercados energéticos que reflejen los costes totales para la sociedad que conlleva la producción de energía. Desde hace más de un siglo, la generación de energía se ha caracterizado por la presencia de monopolios nacionales con mandatos para financiar inversiones en nueva capacidad de producción mediante subvenciones estatales y/o sobretasas en las facturas eléctricas. Mientras que muchos países se mueven hacia una mayor liberalización de los mercados eléctricos, estas opciones ya no están en vigor, opciones que colocan en clara desventaja competitiva a nuevas tecnologías como la eólica, en relación con las tecnologías existentes. Esta situación requiere varias respuestas.

### internalización de los costes sociales y medioambientales de la energía contaminante

El coste real de la producción de energía por medios convencionales incluye los gastos gravados sobre la sociedad, como los impactos en la salud y la degradación ambiental a nivel local y regional – desde la contaminación con mercurio hasta la lluvia ácida – además de los impactos negativos a nivel mundial del cambio climático. Entre los costes ocultos destacan la exoneración de los costes de seguros por accidentes nucleares que son demasiado costosos para ser cubiertos por los operadores de las centrales nucleares. Por ejemplo el Acta Price-Anderson limita la responsabilidad de las centrales nucleares estadounidenses en el caso de un accidente a una cantidad de hasta 98 millones de dólares por central, y a sólo 15 millones anuales por central, debiendo ser financiado el resto por un fondo industrial por un valor de hasta 10 mil millones de dólares – el cual pagan los contribuyentes<sup>4</sup>. Los daños al medio ambiente deben ser rectificadas hasta alcanzar el estado originario. Traducido en términos de generación de energía, podría significar que, idealmente, la producción de energía no debería contaminar y que es responsabilidad de los productores energéticos evitarlo. Si contaminan, deberían pagar una cantidad igual al daño provocado a la sociedad en su conjunto, aunque puede resultar difícil cuantificar los impactos medioambientales que provoca la generación de electricidad. ¿Qué precio tiene la pérdida de hogares en las islas del Pacífico como resultado de la desaparición de los casquetes polares, o el deterioro de la salud y la pérdida de vidas humanas?

Con un ambicioso proyecto, financiado por la Comisión Europea - ExternE – se han intentado cuantificar los costes reales, incluyendo los costes medioambientales, que conlleva la generación de electricidad. Se pronostica que los costes de producción de electricidad a partir del carbón o el petróleo se doblarán, y que el del gas podría aumentar un 30% si se tuvieran en cuenta los costes externos, en forma de daños al medio ambiente y a la salud. Si esos costes medioambientales se cargaran en la generación de electricidad en función de su impacto, muchas fuentes de energía renovable no necesitarían ningún tipo de subvención. Si a la vez, se eliminaran las subvenciones directas e indirectas a los combustibles fósiles y a la energía nuclear, disminuiría notablemente la necesidad de aportar ayudas a la generación de electricidad renovable o incluso, dichas ayudas, serían totalmente innecesarias.

### referencias

<sup>3</sup> INFORME UNDP

<sup>4</sup> [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PRICE-ANDERSON\\_NUCLEAR\\_INDUSTRIES\\_INDEMNITY\\_ACT](http://en.wikipedia.org/wiki/Price-Anderson_Nuclear_Industries_Indemnity_Act)

## 2. reforma del mercado eléctrico

Las tecnologías para generar energía renovable podrían ser ya competitivas si hubieran recibido la misma atención que otras fuentes en términos de financiación para I+D y subvenciones, y si los costes externos se vieran reflejados en los precios de la energía. Es esencial realizar reformas en el sector eléctrico si queremos que sean aceptadas a mayor escala las nuevas tecnologías renovables. Estas reformas incluyen:

### eliminación de barreras en el sector eléctrico

Las operaciones de licencia complejas y los obstáculos burocráticos constituyen dos de los problemas más difíciles a los que se enfrentan los proyectos sobre energía renovable de muchos países. Debería establecerse un calendario claro para todas las Administraciones y a todos los niveles para la aprobación de proyectos dando prioridad a los de energía renovable. Los gobernantes deberían proponer unas líneas guías para los procesos, que acompañen la legislación vigente, y a la vez facilitar el proceso de concesión de licencias a proyectos sobre energías renovables.

Una de las barreras más importantes es el excedente a corto y medio plazo de la capacidad de generación de electricidad en muchos países de la OCDE: debido a la excedencia de capacidad de generación, resulta aún muy barato quemar más carbón o gas en una central térmica existente que construir, financiar y depreciar una nueva central de energía renovable. Esta situación conlleva que, incluso en aquellas situaciones donde una nueva tecnología podría ser plenamente competitiva con nuevas centrales de carbón o de gas, no se realizarán inversiones. Hasta que no lleguemos a una situación en la que los precios de la electricidad comiencen a reflejar el coste que supone invertir en una nueva central en lugar que los costes marginales de las instalaciones existentes, las renovables necesitarán apoyo para poder competir en igualdad de condiciones.

Otras barreras son la falta de planificación a largo plazo a nivel nacional, regional y local; la falta de planificación integrada de recursos; la ausencia de una planificación y gestión integral de la red; la falta de un carácter predecible y una estabilidad en los mercados; la ausencia de un marco legal para organismos internacionales del agua; la propiedad de la red por empresas de integración vertical y la falta de financiación en I+D a largo plazo.

Existe también una completa ausencia de redes para fuentes de energía renovable a gran escala, como los parques eólicos marinos o las centrales de concentración de energía solar (CSP); redes de distribución débiles o no existentes; poco reconocimiento de las ventajas económicas de la generación distribuida; y requisitos discriminatorios de las empresas de servicio público para el acceso a la red eléctrica que no reflejan la naturaleza de la tecnología renovable.

Las reformas necesarias para hacer frente a las barreras del mercado a las renovables son:

- Procesos de planificación y sistemas de obtención de permisos coordinados y uniformes y una planificación integral de las redes de menor coste;
- Acceso equitativo a la red eléctrica a precios justos y transparentes y la eliminación del acceso discriminado y las tarifas de transmisión;
- Un ajuste de precios justos y transparentes de la energía a través de una red, con reconocimiento y remuneración de las ventajas de la generación distribuida;

- Separación de actividades de las empresas de servicio público en compañías separadas de generación y distribución;
- El desarrollo de los costes de infraestructura de la red eléctrica y el reforzamiento deben ser llevados a cabo por la autoridad gestora de la red y no por proyectos energéticos renovables individuales;
- Información de los impactos medioambientales del mix de generación basado en los combustibles fósiles y nuclear a los usuarios finales para que sean los consumidores quienes puedan elegir la fuente de energía que deseen.

### acceso prioritario a la red eléctrica

Las leyes sobre acceso a la red eléctrica, transmisión y reparto de costes son inadecuadas en muchas ocasiones. La legislación debe ser clara, especialmente en lo que se refiere a la distribución de costes y a las tarifas de transmisión. Se debe garantizar un acceso prioritario a los generadores de energía renovable y cuando sea necesario, los costes de extensión de la red o su refuerzo deben recaer en los operadores de la red, y compartirlos entre todos los consumidores porque los beneficios medioambientales de las energías renovables son bienes públicos y el funcionamiento del sistema es un monopolio natural.

### mecanismos de ayuda para las energías renovables

En la presente sección se ofrece un resumen de los mecanismos de ayuda existentes y las experiencias sobre su funcionamiento. Los mecanismos de ayuda siguen siendo la segunda mejor solución para corregir los fallos del mercado en el sector eléctrico, su introducción es una solución política práctica pero reconoce que, a corto plazo, no existen otras vías prácticas para aplicar el principio de "el que contamina paga".

En resumen existen dos tipos de incentivos para promover el desarrollo de la energía renovable, que son el sistema de precios fijos, donde el gobierno regula el precio de venta de la electricidad (o prima) abonado al productor y deja al mercado que determine la cuota de contribución de las renovables al mix, y el sistema de cuota (en EEUU se denominan Normas de Cartera de Renovables-Renewable Portfolio Standards), donde el gobierno regula la cantidad de electricidad renovable y deja que el mercado determine el precio. Ambos sistemas crean un mercado protegido basado en un fondo de subvenciones, generadores convencionales subvencionados y depreciados cuyos costes medioambientales externos no se tienen en cuenta. Su objetivo es ofrecer incentivos para mejoras tecnológicas y reducciones de costes, abaratando el precio de las renovables que pueden así competir con fuentes convencionales en el futuro.

La principal diferencia entre los sistemas basados en la cuota y los sistemas basados en el precio es que el primero fomenta la competencia entre los productores de electricidad. De todas formas, existe competencia entre los fabricantes de tecnologías, que es el factor crucial para abaratar los costes de la producción eléctrica, independientemente de si el gobierno regula los precios o las cuotas. Los precios abonados a los productores de energía eólica son actualmente mayores en muchos sistemas europeos basados en la cuota (Reino Unido, Bélgica, Italia) que en los sistemas de precios fijos o los basados en las primas (Alemania, España, Dinamarca).



### sistemas de precios fijos

El sistema de precios fijos incluye el de subvenciones a la inversión, el sistema de primas en las tarifas y los créditos fiscales.

Las **subvenciones a la inversión** son pagos de capital realizados generalmente sobre la base de la potencia homologada (en kW) del generador. Generalmente se reconoce que los sistemas que basan el monto de la ayuda en el tamaño del generador en lugar de en el rendimiento eléctrico pueden llegar a un desarrollo menos eficiente de la tecnología. Por ello la tendencia global es a alejarse de este sistema de pagos, aunque pueden resultar efectivos cuando se combinan con otros incentivos.

El **sistema de primas en las tarifas FIT**, adoptado en casi toda Europa, ha probado ser un sistema de gran éxito a la hora de expandir la energía eólica en Alemania, España y Dinamarca. Los productores reciben un precio fijo por cada kWh de electricidad que vuelquen a la red eléctrica. En Alemania, el precio abonado varía según la madurez relativa de cada tecnología y se reduce cada año para reflejar la caída de precios. El coste adicional del sistema recae en los contribuyentes o los consumidores de la electricidad.

La ventaja principal de un FIT es su sencillez administrativa y su fomento de una mejor planificación. Aunque el FIT no se asocia con un acuerdo de compra de energía (PPA) formal, generalmente las compañías de distribución están obligadas a comprar toda la producción a las instalaciones de energía renovable. Alemania ha reducido el riesgo político de cambio del sistema con la garantía de los pagos durante 20 años. El problema principal asociado con un sistema de precio fijo es que no se presta fácilmente a ajustes – ni al alza ni a la baja – para reflejar los cambios en los costes de producción de las tecnologías renovables.

Los **sistemas de prima fija**, denominados en ocasiones mecanismo de “bonos medioambientales”, funcionan añadiendo una prima fija al precio base final de la electricidad. Desde el punto de vista de un inversor, el precio total recibido por kWh es menos predecible que bajo el sistema de primas en las tarifas, ya que depende de un precio de la electricidad en cambio constante, pero desde una perspectiva de mercado, se afirma que una prima fija es más fácil de integrar en el mercado de la electricidad porque todos los implicados reaccionarán a los síntomas de los precios de mercado. España es el principal país en adoptar un sistema de prima fija.

**Los créditos fiscales**, tal como se utilizan en EEUU y Canadá, ofrecen un crédito contra los pagos fiscales por cada kWh producido. En Estados Unidos el mercado ha estado regulado por un crédito de impuesto para la producción (PTC) federal del orden de 1,8 céntimos por kWh que se ajusta anualmente según la inflación.

### sistemas de cuota para las renovables

Se han utilizado dos tipos de sistemas de cuota para las energías renovables: los sistemas basados en licitaciones y los certificados verdes.

Los **sistemas basados** en licitaciones permiten la licitación competitiva de contratos para construir y operar un proyecto en particular, o bien una cantidad fija de capacidad de renovables en un país o un estado. Aunque se tienen en cuenta también otros muchos factores, invariablemente gana la oferta de menor precio. Este sistema se ha utilizado para fomentar el uso de energía eólica en Irlanda, Francia, Reino Unido, Dinamarca y China.

El inconveniente de este sistema es que los inversores pueden pujar por un precio demasiado bajo desde el punto de vista económico para hacerse con el contrato, para después abandonar el proyecto. Por ejemplo, bajo el sistema de licitación inglés NFFO (Non-Fossil Fuel Obligation-obligación de compra de energía de fuentes no fósiles), muchos de los contratos se quedan sin realizar, por lo que se optó por abandonarlo. Pero si se diseña de manera adecuada, con contratos de duración, un vínculo claro para planificar acuerdos y un precio mínimo posible, la licitación de proyectos de envergadura podría resultar efectiva, como ha ocurrido en la extracción de petróleo y gas en alta mar en el Mar del Norte europeo.

El sistema de los **certificados verdes negociables (CVNs)** funciona ofreciendo “certificados verdes” por cada kWh generado por un productor de energía renovable. El valor de estos certificados, que puede negociarse en un mercado, se añade al valor base de la electricidad. Un sistema de certificados verdes funciona en general en combinación con un aumento de la cuota de generación de electricidad renovable. Las compañías eléctricas están obligadas por ley a adquirir una proporción cada vez mayor de energía renovable. Países que han adoptado este sistema son el Reino Unido, Suecia e Italia en Europa, y muchos estados en EEUU, donde se conocen como RPS (Renewable Portfolio Standard-Normas de cartera de renovables).

Comparado con el precio fijo de las licitaciones, el modelo de CVN presenta más riesgos para el inversor debido a las fluctuaciones diarias de los precios, a menos que se creen mercados efectivos para contratos certificados (y de electricidad) a largo plazo, un tipo de mercados que no existe aún. El sistema es también más complejo que otros mecanismos de pago.

¿Cuál de estos sistemas de incentivos funciona mejor? Según la experiencia pasada, está claro que pueden diseñarse políticas basadas en tarifas fijas y primas que funcionen más eficazmente, aunque su implantación no es ninguna garantía de éxito. Casi todos los países con experiencia en mecanismos de ayuda de las energías renovables han utilizado en algún momento el sistema de primas, pero no todas han contribuido a un aumento de la producción de electricidad de las renovables. Es el diseño del mecanismo, junto con otras medidas, lo que determina el éxito.

**Tal vez sea demasiado pronto para poder sacar conclusiones definitivas sobre los impactos potenciales de todas las políticas disponibles dado que se encuentran aún en fase experimental sistemas más complejos como aquéllos basados en certificados verdes negociables (CVNs). Se necesita más tiempo y experiencia para poder sacar conclusiones fiables sobre su capacidad para atraer inversiones y ofrecer nuevas capacidades. La elección de un marco adecuado a nivel nacional depende también de la cultura y la historia de cada país, del grado de desarrollo de las renovables y de la voluntad política para lograr los resultados deseados.**

# apéndice

## ANÁLISIS DEL ESCENARIO ENERGÉTICO GLOBAL POR REGIONES

### OCDE europa

#### desarrollo de la demanda energética

**población:** la población de la OCDE Europa alcanzará casi los 550 millones de individuos alrededor de 2030. Después de esta fecha, experimentará una disminución hasta 510 millones para el año 2050.

**PIB:** se espera una subida media del PIB ajustado por PPP de un ritmo anual de 1,7%, con tendencia a triplicarse para 2050. El PIB per cápita seguirá siendo uno de los más altos del mundo, más del doble de la media mundial.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 1,1% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 40% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una caída de la intensidad energética de casi el 75%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia se producirá un aumento de la demanda energética de más del 30% de la cifra actual de 50.000 PJ/a a 68.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una bajada estable a 41.000 PJ/a para 2050, dos tercios del consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética se espera un incremento de la demanda de electricidad hasta 2040, con una disminución de alrededor de 3.300 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, las medidas de eficiencia energética permiten evitar la generación de 1.100 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética, la demanda de calor casi se doblará. Comparado con el escenario de referencia, se evita el consumo de 13.000 PJ/a gracias a las mejoras en eficiencia energética.

#### desarrollo del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 50% de la demanda de energía primaria para 2050, con un aumento del 7%.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 80% de la electricidad para 2050, un aumento importante si se considera que ahora es el 18%. Con un incremento de la potencia actual de renovables de 160 GW a 865 GW, se producirán 2.500 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 50% del suministro de calor para 2050, mucho mayor que el 10% actual. La cuota de participación de los sistemas CHP será de más del 20%.

#### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán un tercio hasta 2050 bajo el escenario de referencia. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un descenso de 3.900 m/t a 1.200 m/t. Las emisiones anuales per cápita caerán de 7,4 t a 2,3 t.

#### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética incrementará los costes de generación de electricidad comparado con el escenario de referencia en 0,5 cént/kWh entre 2010 y 2030, pero al disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, los costes comenzarán a disminuir, con una caída para 2050 de 0,7 cent/kWh por debajo de los del escenario de referencia.

### américa latina

#### evolución de la demanda energética

**población:** la población de América Latina experimentará un lento crecimiento comparado con otras regiones en vías de desarrollo, aumentando a 630 millones para 2050.

**PIB:** se espera una subida media del PIB ajustado por PPP de un ritmo anual del 2,9%, con tendencia a cuadruplicarse para 2050. El PIB per cápita seguirá estando por debajo de la media mundial y sólo un tercio del de Europa y Norteamérica.

**Intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 0,4% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 20% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una caída de la intensidad energética de más del 50%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética casi se triplicará, pasando de la cifra actual de 14.000 PJ/a a 45.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un incremento mucho más lento hasta una cifra de 25.000 PJ/a para 2050, casi la mitad del consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia energética provocarán una demanda de alrededor de 1.900 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas permitirán evitar la generación de 1.400 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética, la demanda de calor permanecerá relativamente estable. Comparado con el escenario de referencia, se evitará aún el consumo de 6.800 PJ/a gracias a las ganancias en eficiencia energética.

#### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 65% de la demanda de energía primaria para 2050, respecto al 27% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 90% de la electricidad para 2050, respecto al 70% actual. Con un aumento de potencia actual de generación con renovables de 130 GW a una capacidad de 660 GW, se producirán 2.070 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 70% del suministro de calor para 2050, respecto al 36% actual.

#### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán hasta cuatro veces para 2050 bajo el escenario de referencia. Bajo el escenario de [r]evolución energética, al contrario, se producirá un descenso desde 800 m/t a 440 m/t. Las emisiones anuales per cápita caerán de 1,8 t a 0,7 t. Mientras que el sector energético es la principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> hoy día, contribuirá a menos del 15% del total para 2050.

#### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética disminuirá los costes de generación de electricidad comparado con el escenario de referencia alrededor de 1,5 cent/kWh para 2020 y hasta 3,5 cent/kWh para 2050.



## OCDE pacífico

### evolución de la demanda energética

**población:** la población de los países de la OCDE Pacífico alcanzará un valor punta en 2020, con alrededor de 200 millones, para descender después hasta 180 millones hacia 2050.

**PIB:** se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual de 1,8%, con tendencia a quintuplicar su valor para 2050. El PIB per cápita sigue su tendencia ascendente, convirtiéndola en la región líder mundial para 2050.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 1,0% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 40% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una caída de la intensidad energética del 75%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia se producirá un aumento de la demanda energética de más del 40% de la cifra actual de 21.000 PJ/a a 30.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la demanda de energía llegará a su punto más alto hacia 2010, cayendo después hasta 17.300 PJ/a para 2050, alrededor del 85% de la cifra actual y un 40% menos del consumo esperado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia energética provocarán una demanda de electricidad de alrededor de 1.600 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarían la generación de 800 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética, un descenso acelerado de la demanda de calor significará que, comparado con el escenario de referencia, se evita el consumo de 4.900 PJ/a gracias a las medidas de ganancia energética.

### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán un tercio de la demanda de energía primaria para 2050 irrespecto al 3% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán alrededor del 70% de la electricidad para 2050, mientras actualmente cubren el 10%. Con un aumento de la potencia actual de generación con renovables de 60 GW a 410 GW, se producirán 1.130 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 60% del suministro de calor para 2050, en lugar del 4% actual.

### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán un 20% hasta 2050 bajo el escenario de referencia. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un descenso desde 1.900 m/t a 700 m/t. Las emisiones anuales per cápita caerán de 9,4 t a 3,8 t.

### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética incrementará los costes de generación de electricidad comparado con el escenario de referencia hasta 2030, pero para 2050 serán 1 cent/kWh más bajas.

## china

### evolución de la demanda energética

**población:** la población de China alcanzará los 1.460 millones alrededor de 2030, tras cuya fecha comenzará a descender hasta 1.400 millones para 2050.

**PIB:** se espera una subida media del PIB ajustado por PPP de un ritmo anual del 4,1%, el mayor crecimiento del mundo. Para 2050 se habrá multiplicado por siete. El PIB per cápita seguirá siendo la mitad del de Europa y Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 2,3% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 65% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un descenso de casi el 80% de la intensidad energética.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética experimentará una subida de más del doble de la cifra actual de 35.000 PJ/a a 81.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una subida estable a 53.000 PJ/a para 2050, un 50% más que la cifra actual, pero un tercio inferior al consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia energética provocarán una demanda de electricidad del orden de 6.300 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 1.200 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, se evita el consumo de 12.500 PJ/a gracias a las ganancias en eficiencia energética.

### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 33% de la demanda de energía primaria para 2050 respecto al 20% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 50% del suministro de electricidad para 2050, en lugar del 15% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual desde 84 GW a 1.300 GW, se producirán 4.000 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 43% de la demanda de calor para 2050, en lugar del 35% actual. La cuota de participación de los sistemas CHP será de más del 30%.

### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Bajo el escenario de referencia, las emisiones de CO<sub>2</sub> se triplicarán para el año 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, seguirán estables al nivel de 2003 (unos 3.300 m/t). Las emisiones anuales per cápita disminuirán sólo ligeramente de 2,5 t a 2,3 t. Debido al desmantelamiento progresivo de las centrales nucleares y al aumento del suministro eléctrico, el sector eléctrico seguirá siendo la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub>, en China, suponiendo el 50% del total en 2050.

### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética casi no incidirá en los costes y para 2050 se abaratarán casi 1 cent/kWh por debajo de los datos del escenario de referencia.

## apéndice - continuación

### ANÁLISIS DEL ESCENARIO ENERGÉTICO GLOBAL POR REGIONES

#### este asiático

##### evolución de la demanda energética

**población:** se espera que la población del Este Asiático alcance los 800 millones para 2050, aunque su expansión se estabilizará después de 2040.

**PIB:** Se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual del 3,2%. Para 2050 habrá aumentado de un factor 4,5. El PIB per cápita será aún un cuarto menor que el de Europa y el de Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 1,1% anual, con una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 40% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una caída de la intensidad energética de casi el 70%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética experimentará un aumento de más del doble de la cifra actual de 15.000 PJ/a a 39.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá una subida estable hasta 23.000 PJ/a en 2050, más del 50% de la cifra actual pero menos del 40% del consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia energética llevarán a una demanda de electricidad de alrededor de 1.800 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 1.000 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, se evita un consumo de 5.000 PJ/a gracias a las medidas de eficiencia.

##### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán casi la mitad de la demanda energética para 2050, en lugar del 23% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 70% de la electricidad para 2050, en lugar del 14% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual desde 29 GW a 560 GW, se producirán 1.600 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 80% de la demanda de calor para 2050, en lugar del 50% actual.

##### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán hasta cuatro veces para 2050 bajo el escenario de referencia. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un descenso del nivel de 2003 de unos 1.000 m/t a 830 m/t. Las emisiones anuales per cápita sufrirán una ligera caída de 1,7 t a 0,9 t. Mientras que el sector energético es hoy día la fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> más importante en los países del Este Asiático, contribuirá con menos del 30% para 2050.

##### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética hará disminuir los costes, comparado con el escenario de referencia, alrededor de 1,5 cent/kWh a partir de 2020, alcanzando una reducción de 3 cent/kWh en 2050.

#### surasia

##### evolución de la demanda energética

**población:** para 2050 la población de Surasia alcanzará los 2.200 millones, el 25% de la población mundial total.

**PIB:** Se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual del 3,9%. Para 2050 habrá subido hasta seis veces. El PIB per cápita será aún de sólo el 20% del de Europa y Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 2% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 40% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la intensidad energética disminuirá casi un 80%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética experimentará un aumento de más del doble de la cifra actual de 19.000 PJ/a a 47.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se producirá un aumento más lento hasta llegar a 29.000 PJ/a en 2050, un 50% más que las cifras actuales pero un 40% menos que el consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia llevarán a una demanda de electricidad del orden de 2.400 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 1.000 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas de eficiencia energética evitarán el consumo de 10.000 PJ/a.

##### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 50% de la demanda de energía primaria para 2050, en lugar del 40% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 60% de la electricidad para el año 2050, en lugar del 15% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual de 31 GW a 600 GW, se producirán 1.700 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 70% de la demanda de calor para 2050, una proporción similar a la actual, aunque la biomasa tradicional será sustituida paulatinamente por tecnologías más eficientes, en particular colectores solares y energía geotérmica.

##### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Bajo el escenario de referencia, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán hasta cuatro veces para 2050. Al contrario, bajo el escenario de [r]evolución energética seguirán al nivel de 2003 (unos 1.000 m/t). Las emisiones anuales per cápita descenderán sólo ligeramente de 0,8 t a 0,5 t, y pese a la disminución de esta cuota, el sector energético seguirá siendo la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> en Surasia, contribuyendo en un 50% al total de 2050.

##### costes futuros de la generación de electricidad

El aumento de las energías renovables bajo el escenario de [r]evolución energética hará disminuir los costes, comparado con el escenario de referencia, alrededor de 1 cent/kWh a partir de 2020, hasta una disminución de 2 cent/kWh en 2050.



## economías de transición

### evolución de la demanda energética

**población:** en las Economías de Transición se producirá una reducción de la población de los 345 millones actuales a 285 millones para 2050.

**PIB:** Se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual del 3,2%, y para 2050 habrá aumentado hasta cinco veces. El PIB per cápita será más o menos la mitad del de Europa o Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 1,8% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 60% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la intensidad energética caerá casi un 80%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética experimentará un aumento de más del doble de la cifra actual de 27.000 PJ/a a 51.000 PJ/a en 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética se espera que la demanda permanezca estable a los niveles actuales hasta 2050, un 50% inferior al consumo esperable bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia energética provocarán una demanda de electricidad de alrededor de 1.900 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 640 TWh/a.

**demanda de calor:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán el consumo de 13.600 PJ/a.

### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 60% de la demanda de energía primaria para 2050, en lugar del 4% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 80% de la electricidad para 2050, en lugar del 18% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual de 90 GW a 635 GW, se producirán 1.900 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 60% de la demanda de calor para 2050, en lugar del 3% actual. La cuota de participación de los sistemas CHP será de más del 20%.

### evolución de las emisiones de CO2

Se pronostica un aumento de las emisiones de CO2 de un tercio bajo el escenario de referencia. Para el año 2050, bajo el escenario de [r]evolución energética, se prevé una disminución de su nivel de 2003 de 2.700 m/t a 700 m/t. Las emisiones anuales per cápita disminuirán de 7,8 t a 2,5 t. Con una cuota del 30% del total de emisiones de CO2 en 2050, el sector energético se situará por detrás del de transportes como la mayor fuente de energía.

### costes futuros de la generación de electricidad

El aumento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética provocará una disminución de costes comparado con el escenario de referencia de 1,8 cent/kWh para 2050.

## oriente medio

### evolución de la demanda energética

**población:** para 2050 se pronostica un aumento del doble de la población de Oriente Medio, llegando a los 350 millones.

**PIB:** Se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual del 2,6%. Para 2050 habrá subido hasta cuatro veces. El PIB per cápita será aún sólo un quinto del de Europa y Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 0,9% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 50% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la intensidad energética disminuirá casi un 60%.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética experimentará un aumento de más del doble de la cifra actual de 11.000 PJ/a a 25.000 PJ/a en 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la demanda crecerá mucho más lentamente, hasta alcanzar una cifra de 15.000 PJ/a para 2050, un tercio más de la actual pero un 40% menos que el consumo proyectado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia llevarán a una demanda de electricidad de cerca de 1.000 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 500 TWh/a.

**demanda térmica:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán el consumo de 4.700 PJ/a.

### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 50% de la demanda de energía primaria para 2050, en lugar del 1% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 86% de la electricidad para 2050, en lugar del 3% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual de 7 GW a 450 GW, producirán 1.400 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 67% de la demanda de calor para 2050, en lugar del 1% actual.

### evolución de las emisiones de CO2

Mientras que se producirá un aumento de las emisiones de CO2 al doble bajo el escenario de referencia, bajo el escenario de [r]evolución energética disminuirán respecto a su nivel de 2003 de 1.000 m/t a 480 m/t para 2050. Las emisiones anuales per cápita disminuirán de 5,5 t a 1,4 t. Aunque el sector energético es hoy la mayor fuente de emisiones de CO2, para 2050 su contribución será de sólo 1/5.

### costes futuros de la generación de electricidad

El crecimiento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética hará disminuir los costes comparado con el escenario de referencia en 1 cent/kWh a partir de 2020, llegando a una reducción de 9 cent/kWh en 2050.

## apéndice - continuación

### ANÁLISIS DEL ESCENARIO ENERGÉTICO GLOBAL POR REGIONES

#### africa

##### evolución de la demanda energética

**población:** la población de África se triplicará, alcanzando una cifra de 1.840 millones para 2050.

**PIB:** Se espera una subida media del PIB ajustado por PPP a un ritmo anual del 3,6% que para 2050 habrá aumentado hasta cinco veces. El PIB per cápita seguirá siendo una décima parte del de Europa o Norteamérica.

**intensidad energética:** bajo el escenario de referencia, la intensidad energética se reducirá un 1% anual, provocando una reducción de la demanda final de energía por unidad de PIB del orden del 40% entre 2003 y 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la intensidad energética caerá aún más.

**demanda energética final:** bajo el escenario de referencia, la demanda energética se triplicará de los valores actuales de 17.000 PJ/a a 54.000 PJ/a para 2050. Bajo el escenario de [r]evolución energética, la demanda crecerá mucho más lenta hasta llegar a 35.000 PJ/a para 2050, el doble de las cifras actuales pero un tercio menor que el consumo esperado bajo el escenario de referencia.

**demanda de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las medidas de eficiencia llevarán a una demanda de electricidad del orden de 2.000 TWh/a para 2050. Comparado con el escenario de referencia, estas medidas evitarán la generación de 1.100 TWh/a.

**demanda térmica:** bajo el escenario de [r]evolución energética se reducirá la demanda de calor. Comparado con el escenario de referencia, las medidas de eficiencia evitarán el consumo de 8.600 PJ/a.

##### evolución del suministro energético

**suministro de energía primaria:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las fuentes de energía renovable cubrirán el 60% de la demanda de energía primaria para 2050, en lugar del 47% actual.

**generación de electricidad:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables generarán el 55% de la electricidad para 2050, en lugar del 17% actual. Con un aumento de la capacidad de generación con renovables actual de 25 GW a 480 GW, se producirán 1.500 TWh/a.

**suministro térmico:** bajo el escenario de [r]evolución energética, las renovables satisfarán el 88% de la demanda de calor para 2050, en lugar del 78% actual. La biomasa tradicional será sustituida por tecnologías modernas más eficientes.

##### evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Mientras que se producirá un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de hasta cinco veces bajo el escenario de referencia, bajo el de [r]evolución energética se limitarán a un aumento del 60% respecto a sus niveles de 2003, de 750 m/t a 1.100 m/t para 2050. Las emisiones anuales per cápita disminuirán de 0,9 t a 0,6 t. Aunque el sector energético seguirá siendo la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> en 2050, también será el que registre las mayores reducciones.

##### costes futuros de la generación de electricidad

El aumento de las renovables bajo el escenario de [r]evolución energética hará bajar los precios comparado con el escenario de referencia en 2 cent/kWh en 2020 y alrededor de 3 cent/kWh en 2050.





**imagen** 30 DE OCTUBRE DE 2006 – NONHABURI, TAILANDIA – ALDEANOS REMANDO UNA BARCA EN UNA ALDEA DE LA ISLA DE KOH KRED AFECTADA POR UNA RECIENTE INUNDACIÓN. KOH KRED ES UNA PEQUEÑA ISLA EN EL RÍO CHAO PHRAYA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE NONHABURI CERCA DE BANGKOK. DURANTE LOS PRIMEROS MESES DEL AÑO, LOS CIENTÍFICOS ADVIRTIERON QUE TAILANDIA SUFRIRÍA UN AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS DEBIDO A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

© GPO/INAI/DT/HA/JOHN

# escenario de referencia

**tabla 15: generación de electricidad**

TWh/a	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centrales eléctricas</b>	<b>14,988</b>	<b>18,170</b>	<b>23,451</b>	<b>29,000</b>	<b>35,377</b>	<b>43,426</b>
Carbón	5,451	6,554	8,644	11,148	14,530	19,214
Lignito	572	615	656	705	752	821
Gas	2,380	3,273	5,396	7,507	9,736	12,475
Petróleo	1,031	1,073	1,128	1,070	1,026	1,011
Nuclear	2,641	2,984	2,975	2,867	2,797	2,730
Biomasa	137	189	243	316	384	432
Hidráulica	2,659	3,148	3,714	4,199	4,591	4,872
Eólica	64	237	535	918	1,174	1,370
PV	1	9	30	73	108	139
Geotérmica	53	85	113	160	210	257
Centrales termosolares	1	4	13	31	61	98
Energía oceánica	1	1	4	6	8	9
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>1,674</b>	<b>1,860</b>	<b>2,167</b>	<b>2,589</b>	<b>2,868</b>	<b>3,074</b>
Carbón	390	440	519	691	800	880
Lignito	142	132	115	103	91	78
Gas	915	1,007	1,195	1,415	1,561	1,662
Petróleo	134	133	126	101	78	65
Biomasa	91	142	204	268	324	368
Geotérmica	1	7	9	11	15	21
<i>CHP por productor</i>						
Principal actividad productores	1,215	1,279	1,348	1,450	1,500	1,578
Productores autónomos	459	581	819	1,139	1,367	1,497
<b>Generación total</b>	<b>16,662</b>	<b>20,030</b>	<b>25,617</b>	<b>31,589</b>	<b>38,245</b>	<b>46,501</b>
Fósiles	11,015	13,226	17,778	22,714	28,574	36,206
Carbón	5,841	6,993	9,163	11,839	15,329	20,094
Lignito	714	746	771	808	843	899
Gas	3,295	4,280	6,591	8,922	11,297	14,137
Petróleo	1,165	1,206	1,254	1,172	1,104	1,076
Nuclear	2,641	2,984	2,975	2,867	2,797	2,730
Renovables	3,007	3,821	4,864	5,981	6,875	7,564
Hidráulica	2,659	3,148	3,714	4,199	4,591	4,872
Eólica	64	237	535	918	1,174	1,370
PV	1	9	30	73	108	139
Biomasa	228	331	447	584	708	800
Geotérmica	54	85	113	160	210	257
Termosolar	1	4	13	31	61	98
Energía oceánica	1	1	4	6	8	9
Importaciones	557	598	630	620	580	530
F. importaciones	79	87	95	98	94	86
Exportaciones	558	583	611	609	566	528
Pérdidas durante distribución	1,520	1,852	2,370	2,952	3,609	4,467
Electricidad consumo propio	1,467	1,625	1,988	2,366	2,698	3,028
<b>Consumo final de energía (electricidad)</b>	<b>13,675</b>	<b>16,568</b>	<b>21,279</b>	<b>26,282</b>	<b>31,951</b>	<b>39,008</b>
Fuent. fluctuantes						
(PV, eólica, oceánica)	65	247	569	997	1,289	1,517
Cuota de fuent. fluctuantes	0.4%	1.2%	2.2%	3.2%	3.4%	3.3%
Cuota f.	18%	19.1%	19.0%	18.9%	18.0%	16.3%

**tabla 17: demanda de energía primaria convertida**

	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Carbón en Mill t	5,367	5,499	6,006	6,884	7,916	9,356
Crudo en Mill barril	24,089	28,887	33,720	37,784	41,841	46,407
Gas en E+9 m³	2453.4	2666.9	3255.0	3839.5	4369.3	4986.1
<b>Factores de conversión</b>						
Carbón	23.03	kJ/t				
Lignito	8.45	kJ/t				
Petróleo	6.12	GJ/barril				
Gas	38000.00	kJ/m³				

**tabla 16: capacidad instalada**

GW	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centrales eléctricas</b>	<b>3,152</b>	<b>3,888</b>	<b>5,046</b>	<b>6,252</b>	<b>7,463</b>	<b>8,973</b>
Carbón	902	1,091	1,452	1,871	2,440	3,212
Lignito	73	80	86	94	103	115
Gas	626	857	1,327	1,775	2,205	2,735
Petróleo	414	451	489	502	495	511
Nuclear	347	392	391	377	370	365
Biomasa	20	28	35	46	55	61
Hidráulica	728	857	999	1,118	1,213	1,280
Eólica	30	108	218	375	449	525
PV	1	6	22	55	81	104
Geotérmica	10	16	22	30	40	49
Centrales termosolares	0	1	2	4	8	13
Energía oceánica	0	0	2	3	4	4
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>581</b>	<b>598</b>	<b>678</b>	<b>777</b>	<b>840</b>	<b>899</b>
Carbón	163	171	174	210	239	264
Lignito	65	56	42	30	26	23
Gas	244	266	355	443	485	519
Petróleo	80	67	61	42	29	24
Biomasa	28	36	45	50	57	64
Geotérmica	0	1	2	2	3	4
<i>CHP por productor</i>						
Principal actividad productores	465	465	498	531	553	585
Productores autónomos	117	132	180	247	287	314
<b>Generación total=</b>	<b>3,733</b>	<b>4,485</b>	<b>5,724</b>	<b>7,029</b>	<b>8,303</b>	<b>9,872</b>
Fósiles	2,570	3,039	3,986	4,969	6,023	7,403
Carbón	1,066	1,262	1,626	2,082	2,679	3,477
Lignito	139	136	128	125	129	137
Gas	871	1,123	1,682	2,218	2,690	3,254
Petróleo	494	518	550	545	524	535
Nuclear	346.7	392.1	391.0	377.5	369.8	364.6
Renovables	817	1,054	1,347	1,683	1,910	2,105
Hidráulica	728	857	999	1,118	1,213	1,280
Eólica	30	108	218	375	449	525
PV	1	6	22	55	81	104
Biomasa	48	64.5	80.0	95.2	111.9	125.4
Geotérmica	10	18	23	33	43	53
Termosolar	0	1	2	4	8	13
Energía oceánica	0	0	2	3	4	4
Fuent. fluctuantes						
(PV, eólica, oceánica)	31.1	114.4	242.5	432.1	533.8	633.5
Cuota de fuent. fluctuantes	0.8%	2.6%	4.2%	6.1%	6.4%	6.4%
<b>Cuota f.</b>	<b>21.9%</b>	<b>23.5%</b>	<b>23.5%</b>	<b>23.9%</b>	<b>23.0%</b>	<b>21.3%</b>

**tabla 18: demanda de energía primaria**

PJA	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Total</b>	<b>435,116</b>	<b>487,635</b>	<b>563,236</b>	<b>638,789</b>	<b>715,803</b>	<b>807,747</b>
<b>Fósiles</b>	<b>348,558</b>	<b>391,127</b>	<b>456,328</b>	<b>523,527</b>	<b>592,155</b>	<b>676,274</b>
Carbón mineral	98,797	105,077	119,291	139,346	162,956	195,453
Lignito	9,106	7,915	6,981	7,041	7,097	7,341
Gas natural	93,230	101,344	123,691	145,903	166,033	189,471
Crudo	147,425	176,791	206,365	231,237	256,069	284,010
<b>Nuclear</b>	<b>28,805</b>	<b>32,554</b>	<b>32,463</b>	<b>31,281</b>	<b>30,509</b>	<b>29,785</b>
<b>Renovables</b>	<b>57,755</b>	<b>63,954</b>	<b>74,445</b>	<b>83,981</b>	<b>93,139</b>	<b>101,687</b>
Hidráulica	9,572	11,332	13,369	15,115	16,528	17,537
Eólica	231	853	1,926	3,305	4,225	4,931
Solar	162	386	694	1,243	1,769	2,265
Biomasa	46,454	49,715	56,490	61,861	67,591	73,371
Geotérmica	1,336	1,668	1,967	2,457	3,026	3,582
Energía oceánica	2	5	21	39	57	68

# escenario de referencia

tabla 19: suministro térmico

PJ/A	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centrales térmicas por distritos</b>	<b>2,765</b>	<b>4,029</b>	<b>6,522</b>	<b>7,667</b>	<b>8,417</b>	<b>9,139</b>
Combustibles fósiles	2,622	3,659	5,450	5,828	5,960	6,191
Biomasa	141	365	1,060	1,823	2,437	2,922
Colectores solares	0	1	4	7	10	16
Geotérmica	2	5	8	9	10	11
<b>Calor a partir de CHP</b>	<b>13,471</b>	<b>11,731</b>	<b>10,671</b>	<b>11,024</b>	<b>11,097</b>	<b>11,416</b>
Combustibles fósiles	12,846	10,870	9,606	9,841	9,883	10,106
Biomasa	617	812	1,004	1,108	1,118	1,184
Geotérmica	8	49	61	75	96	126
<b>Calentamiento directo<sup>1)</sup></b>	<b>116,034</b>	<b>128,577</b>	<b>145,486</b>	<b>160,437</b>	<b>173,029</b>	<b>184,893</b>
Combustibles fósiles	82,523	93,492	106,318	118,467	127,775	136,018
Biomasa	33,222	34,572	38,409	40,831	43,757	47,057
Colectores solares	158	340	535	861	1,151	1,400
Geotérmica	131	173	224	278	346	418
<b>Suministro total de calor<sup>1)</sup></b>	<b>132,271</b>	<b>144,337</b>	<b>162,678</b>	<b>179,129</b>	<b>192,544</b>	<b>205,448</b>
Combustibles fósiles	97,992	108,021	121,373	134,135	143,618	152,315
Biomasa	33,979	35,749	40,473	43,762	47,312	51,163
Colectores solares	158	341	539	869	1,161	1,415
Geotérmica	142	226	293	363	453	556
<b>Cuota f. (incluyendo electricidad de fuente.)</b>	<b>26%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>

1) no incluye calefacción a partir de electricidad (directa y por bombas de calor eléctricas); recogida en el modelo bajo la forma de 'aparatos eléctricos'.

tabla 20: emisiones de CO<sub>2</sub>

MILL t/a	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centr. térm. de condensación</b>	<b>8,185</b>	<b>9,321</b>	<b>11,484</b>	<b>13,652</b>	<b>16,204</b>	<b>19,859</b>
Carbón	5,491	6,270	7,676	9,232	11,248	14,143
Lignito	709	685	644	671	688	729
Gas	1,208	1,567	2,345	2,985	3,548	4,289
Petróleo	777	799	820	763	720	698
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>2,374</b>	<b>1,794</b>	<b>1,367</b>	<b>1,445</b>	<b>1,541</b>	<b>1,607</b>
Carbón	784	595	472	570	638	691
Lignito	302	194	131	111	100	86
Gas	1,149	891	674	698	753	790
Petróleo	139	114	90	67	49	40
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> por gener. de electricidad y vapor</b>	<b>10,559</b>	<b>11,115</b>	<b>12,851</b>	<b>15,097</b>	<b>17,745</b>	<b>21,466</b>
Carbón	6,276	6,865	8,148	9,802	11,886	14,834
Lignito	1,011	879	775	782	788	815
Gas	2,356	2,458	3,019	3,683	4,302	5,079
Petróleo y diesel	916	914	909	830	769	738
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> por sector</b>	<b>23,124</b>	<b>26,604</b>	<b>29,913</b>	<b>34,545</b>	<b>39,401</b>	<b>45,489</b>
% de emisiones en 2002	100%	111%	129%	149%	170%	197%
Industria	3,738	4,188	4,736	5,290	5,726	6,087
Otros sectores	3,257	3,666	4,123	4,602	4,881	5,085
Transporte	5,635	6,582	8,085	9,546	11,096	12,925
Gener. de electricidad y vapor	10,198	10,790	12,453	14,590	17,181	20,872
Calefacción por distritos	296	379	515	517	518	520
Población (Mill.)	6,310	6,849	7,562	8,139	8,594	8,888
Emisiones de CO <sub>2</sub> per capita (t/cap.)	3.7	3.7	4.0	4.2	4.6	5.1

# escenario alternativo

**tabla 21: generación de electricidad**

TWh/a	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centrales eléctricas</b>	<b>14,989</b>	15,264	17,560	19,805	22,694	25,909
Carbón	5,451	5,226	4,541	3,398	2,937	2,661
Lignito	572	456	266	117	24	0
Gas	2,380	3,029	4,191	4,981	4,875	4,580
Petróleo	1,031	693	379	171	55	7
Diesel	0	0	0	0	0	0
Nuclear	2,641	2,094	1,331	65	0	0
Biomasa	137	171	251	340	437	547
Hidráulica	2,659	3,127	3,656	4,035	4,402	4,709
Eólica	64	346	2,327	4,494	5,866	7,149
PV	1	28	269	1,003	1,835	2,835
Geotérmica	53	80	124	188	262	338
Centrales termosolares	1	9	196	949	1,891	2,933
Energía oceánica	1	5	31	64	111	151
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>1,674</b>	2,044	2,673	3,487	4,325	5,026
Carbón	390	337	218	102	37	34
Lignito	142	124	96	43	11	0
Gas	915	1,150	1,475	1,777	2,046	2,195
Petróleo	134	95	49	35	18	14
Biomasa	91	311	750	1,356	1,918	2,395
Geotérmica	1	27	86	174	294	388
<i>CHP por productor</i>						
Principal actividad productores	1,215	1,328	1,473	1,724	2,034	2,324
Productores autónomos	459	716	1,200	1,763	2,290	2,702
<b>Generación total</b>	<b>16,662</b>	17,308	20,234	23,292	27,018	30,935
Fósiles	11,015	11,110	11,215	10,624	10,003	9,491
Carbón	5,841	5,563	4,759	3,500	2,974	2,695
Lignito	714	580	362	160	35	0
Gas	3,295	4,179	5,666	6,758	6,921	6,775
Petróleo	1,165	788	428	206	73	21
Nuclear	2,641	2,094	1,331	65	0	0
Renovables	3,007	4,104	7,688	12,603	17,015	21,444
Hidráulica	2,659	3,127	3,656	4,035	4,402	4,709
Eólica	64	346	2,327	4,494	5,866	7,149
PV	1	28	269	1,003	1,835	2,835
Biomasa	228	482	1,000	1,696	2,355	2,942
Geotérmica	54	107	209	362	556	726
Termosolar	1	9	196	949	1,891	2,933
Energía oceánica	1	5	31	64	111	151
Importaciones	557	595	620	672	789	1,008
F. importaciones	79	65	161	377	630	894
Exportaciones	558	580	618	695	764	997
Pérdidas de distribución	1,520	1,590	1,827	2,063	2,340	2,665
Electricidad consumo propio	1,467	1,545	1,795	2,017	2,187	2,271
<b>Consumo final de energía (electricidad)</b>	<b>13,675</b>	14,188	16,614	19,189	22,516	26,009
Fuent. fluctuantes (PV, eólica, oceánica)	65	379	2,627	5,561	7,812	10,134
Cuota de fuent. fluctuantes	0.4%	2.2%	13%	23.9%	28.9%	32.8%
Cuota f.	18%	23.7%	38%	54.1%	63%	69.3%
Ahorros por 'eficiencia' (comparado con REF.)	0	2,380	4,665	7,093	9,435	13,000

**tabla 23: demanda de energía primaria convertida**

	2003	2010	2020	2030	2040	2050
Carbón en Mill t	5,368	4,380	3,325	2,343	1,748	1,382
Crudo en Mill barril	24,089	23,543	21,014	18,115	16,149	14,238
Gas en E+9 m <sup>3</sup>	2453.4	2605.1	2736.2	2816.4	2653.2	2448.8
<b>Factores de conversión</b>						
Carbón	23.03	kJ/t				
Lignito	8.45	kJ/t				
Petróleo	6.12 GJ/barrel					
Gas	38000.00	kJ/m <sup>3</sup>				

**tabla 22: capacidad instalada**

GW	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Centrales eléctricas</b>	<b>3,152</b>	<b>3,392</b>	<b>4,481</b>	<b>5,881</b>	<b>7,002</b>	<b>8,329</b>
Carbón	902	885	783	590	507	457
Lignito	73	59	35	16	3	0
Gas	626	792	1,057	1,269	1,284	1,239
Petróleo	414	304	185	94	30	4
Nuclear	347	275	175	9	0	0
Biomasa	20	25	36	48	60	75
Hidráulica	728	855	994	1,091	1,183	1,257
Eólica	30	156	950	1,834	2,242	2,731
PV	1	23	199	728	1,330	2,033
Geotérmica	10	15	24	36	49	63
Centrales termosolares	0	2	29	138	267	405
Energía oceánica	0	2	14	28	46	63
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>581</b>	<b>626</b>	<b>754</b>	<b>897</b>	<b>1,063</b>	<b>1,209</b>
Carbón	163	135	76	33	10	9
Lignito	65	52	34	12	3	0
Gas	244	306	433	548	640	690
Petróleo	80	43	19	11	4	3
Biomasa	28	85	176	258	348	430
Geotérmica	0	5	17	35	58	77
<i>CHP por productor</i>						
Principal actividad productores	464	464	499	538	617	689
Productores autónomos	117	162	255	359	445	520
<b>Generación total</b>	<b>3,733</b>	<b>4,018</b>	<b>5,235</b>	<b>6,778</b>	<b>8,064</b>	<b>9,537</b>
Fósiles	2,569	2,574	2,622	2,573	2,481	2,402
Carbón	1,066	1,020	859	623	517	466
Lignito	139	111	69	28	6	0
Gas	871	1,097	1,490	1,818	1,923	1,929
Petróleo	494	346	204	105	34	7
Nuclear	346.7	275.2	175.4	9	0	0
Renovables	817	1,169	2,438	4,196	5,584	7,135
Hidráulica	728	855	994	1,091	1,183	1,257
Eólica	30	156	950	1,834	2,242	2,731
PV	1	23	199	728	1,330	2,033
Biomasa	48	110	211	306	408	505
Geotérmica	10	21	41	70	107	140
Termosolar	0	2	29	138	267	405
Energía oceánica	0	2	14	28	46	63
Fuent. fluctuantes (PV, eólica, oceánica)	31.1	181.1	1,162.2	2,590.2	3,617.5	4,828.1
Cuota de fuent. fluctuantes	0.8%	4.5%	22.2%	38.2%	44.9%	50.6%
<b>Cuota f.</b>	<b>21.9%</b>	<b>29.1%</b>	<b>46.6%</b>	<b>61.9%</b>	<b>69.2%</b>	<b>74.8%</b>

**tabla 24: demanda de energía primaria**

PJA	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Total</b>	<b>435,116</b>	<b>428,049</b>	<b>421,446</b>	<b>414,573</b>	<b>420,512</b>	<b>421,904</b>
<b>Fósiles</b>	<b>348,558</b>	<b>333,205</b>	<b>303,439</b>	<b>269,418</b>	<b>239,370</b>	<b>212,011</b>
Carbón mineral	98,797	83,902	67,550	50,124	39,409	31,822
Lignito	9,106	6,224	3,308	1,406	308	0
Gas natural	93,230	98,994	103,975	107,023	100,822	93,055
Crudo	147,425	144,085	128,606	110,865	98,832	87,135
<b>Nuclear</b>	<b>28,805</b>	<b>22,844</b>	<b>14,520</b>	<b>709</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Renovables</b>	<b>57,755</b>	<b>72,000</b>	<b>103,487</b>	<b>144,446</b>	<b>181,142</b>	<b>209,893</b>
Hidráulica	9,572	11,255	13,160	14,524	15,846	16,951
Eólica	231	1,246	8,377	16,178	21,118	25,735
Solar	162	1,743	6,916	17,909	30,231	42,284
Biomasa	46,454	54,704	68,467	84,727	97,679	105,136
Geotérmica	1,336	3,052	6,567	11,108	16,268	19,787
Energía oceánica	2	18	111	232	398	542
<b>Ahorros por 'eficiencia' (comparado con Ref.)</b>	<b>0</b>	<b>59,263</b>	<b>141,744</b>	<b>224,873</b>	<b>296,208</b>	<b>386,780</b>

# escenario alternativo

tabla 25: suministro térmico

PJ/A	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>C. térmicas por distritos</b>	<b>2,766</b>	<b>4,278</b>	<b>5,686</b>	<b>6,678</b>	<b>7,647</b>	<b>7,229</b>
Combustibles fósiles	2,623	3,588	3,836	3,260	2,565	1,630
Biomasa	141	385	893	1,498	2,033	2,096
Colectores solares	0	278	758	1,508	2,378	2,725
Geotérmica	2	27	198	412	671	777
<b>Calor a partir de cogeneración</b>	<b>13,470</b>	<b>12,708</b>	<b>13,303</b>	<b>15,172</b>	<b>16,950</b>	<b>18,884</b>
Combustibles fósiles	12,845	10,750	8,966	8,258	8,180	8,367
Biomasa	617	1,717	3,576	5,374	6,250	7,275
Geotérmica	8	241	762	1,540	2,520	3,242
<b>Calentamiento directo<sup>1)</sup></b>	<b>116,034</b>	<b>111,832</b>	<b>106,796</b>	<b>104,229</b>	<b>100,048</b>	<b>93,333</b>
Combustibles fósiles	82,523	75,426	63,791	52,877	42,080	31,330
Biomasa	33,222	34,247	36,708	39,115	39,616	38,666
Colectores solares	158	1,330	4,484	9,374	14,439	18,794
Geotérmica	131	829	1,814	2,863	3,914	4,542
<b>Suministro total de calor<sup>1)</sup></b>	<b>132,271</b>	<b>128,817</b>	<b>125,785</b>	<b>126,079</b>	<b>124,645</b>	<b>119,446</b>
Combustibles fósiles	97,992	89,764	76,592	64,395	52,825	41,327
Biomasa	33,979	36,348	41,176	45,987	47,898	48,038
Colectores solares	158	1,608	5,243	10,882	16,817	21,519
Geotérmica	142	1,097	2,774	4,815	7,104	8,562
<b>Cuota f. (incluyendo electricidad de fuente.)</b>	<b>26%</b>	<b>30%</b>	<b>39%</b>	<b>49%</b>	<b>58%</b>	<b>65%</b>
<b>Ahorros por 'eficiencia' (comparado con Ref.)</b>	<b>0</b>	<b>15,514</b>	<b>36,890</b>	<b>53,048</b>	<b>67,899</b>	<b>86,005</b>

tabla 26: emisiones de co<sub>2</sub>

MILL t/a	2003	2010	2020	2030	2040	2050
<b>C. térmicas de condensación</b>	<b>8,185</b>	<b>7,471</b>	<b>6,419</b>	<b>5,061</b>	<b>4,170</b>	<b>3,587</b>
Carbón	5,492	5,000	4,070	2,851	2,298	1,977
Lignito	709	508	257	110	22	0
Gas	1,208	1,453	1,821	1,982	1,812	1,605
Petróleo	777	510	271	118	37	5
<b>Generación combinada de calor y electricidad</b>	<b>2,374</b>	<b>1,697</b>	<b>1,162</b>	<b>1,025</b>	<b>1,034</b>	<b>1,072</b>
Carbón	784	453	201	85	26	23
Lignito	302	183	110	46	12	0
Gas	1,148	983	818	872	986	1,042
Petróleo	139	79	34	22	10	8
<b>Emisiones de Co<sub>2</sub> por generación de electricidad y vapor</b>	<b>10,559</b>	<b>9,168</b>	<b>7,581</b>	<b>6,086</b>	<b>5,204</b>	<b>4,659</b>
Carbon	6,276	5,452	4,271	2,936	2,324	2,000
Lignito	1,011	691	367	156	34	0
Gas	2,356	2,436	2,639	2,854	2,797	2,646
Petróleo y diesel	916	589	305	140	48	13
<b>Emisiones de Co<sub>2</sub> por sector</b>	<b>23,124</b>	<b>21,379</b>	<b>18,798</b>	<b>15,917</b>	<b>13,608</b>	<b>11,594</b>
% de emisiones en 2002	100%	92%	81%	69%	59%	50%
Industria	3,738	3,115	2,519	2,161	1,817	1,488
Otros sectores	3,257	3,118	2,752	2,208	1,636	1,097
Transporte	5,635	5,961	5,964	5,552	5,106	4,604
Generación de elec. y vapor	10,198	8,824	7,187	5,677	4,779	4,217
Calefacción por distritos	296	362	375	319	269	187
Población (Mill.)	6,310	6,849	7,562	8,139	8,594	8,888
Emisiones de Co <sub>2</sub> per cápita (t/cápita)	3.7	3.1	2.5	2.0	1.6	1.3
<b>Ahorros por 'eficiencia' (comparado con REF.)</b>	<b>0</b>	<b>4,224</b>	<b>11,115</b>	<b>18,628</b>	<b>25,794</b>	<b>33,895</b>

# πρόκληση[τ] ενέργεια



**GREENPEACE**

Greenpeace es una organización independiente que usa la acción no violenta para exponer las amenazas que sufre el medio ambiente y que busca las soluciones imprescindibles para un futuro verde y pacífico. El objetivo de Greenpeace es asegurar la capacidad de la Tierra para conservar la vida en todas sus formas. Greenpeace es una organización independiente que no acepta subvenciones de empresas ni de partidos políticos y que se financia exclusivamente con las cuotas de sus socios.

Hazte socio de Greenpeace: 902 100 505

greenpeace España  
San Bernardo, 107 1º - 28015 Madrid  
tel 91 444 1400 fax 91 447 1598  
informacion@greenpeace.es  
www.greenpeace.es

oficina Barcelona  
ortigosa 5, 2º 1ª - 08003 Barcelona  
tel 93 310 1300 fax 93 310 5118  
barcelona@greenpeace.es

greenpeace international  
Ottho Heldringstraat 5, 1066 AZ Amsterdam, The Netherlands  
t +31 20 718 2000 f +31 20 514 8151  
sven.teske@int.greenpeace.org  
www.greenpeace.org



## européan renewable energy council - [EREC]

EREC is an umbrella organisation of the leading European renewable energy industry, trade and research associations active in the sectors of photovoltaic, wind energy, small hydropower, biomass, geothermal energy and solar thermal:

AEBIOM (European Biomass Association)  
EGEC (European Geothermal Energy Council)  
EPIA (European Photovoltaic Industry Association)  
ESHA (European Small Hydropower Association)  
ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation)  
EUBIA (European Biomass Industry Association)  
EWEA (European Wind Energy Association)  
EUREC Agency (European Association of Renewable Energy Research Centers)

EREC represents the European renewable energy industry which has an annual €20 billion turnover. It provides jobs to around 300.000 people!

EREC european renewable energy council  
Renewable Energy House, 63-65 rue d'Arlon,  
B-1040 Brussels, Belgium  
t +32 2 546 1933 f+32 2 546 1934  
erec@erec.org  
www.erec.org