

La [R]evolución Energética silenciosa 20 años en marcha. 40 años por delante

Sven Teske, Caroline Chisholm y José Luis García Ortega

Greenpeace

El brillante futuro de las energías renovables ya está en marcha. Este nuevo análisis del mercado mundial de las centrales generadoras de energía demuestra que, desde finales de la década de 1990, las instalaciones de energía eólica y solar han crecido a un ritmo mayor que cualquier otra tecnología de generación de electricidad del mundo: la potencia total instalada entre 2000 y 2010 está en alrededor de 430 000 MW. Sin embargo, es demasiado pronto para afirmar que ha llegado el fin de la generación de energía basada en los combustibles fósiles, ya que al mismo tiempo se han instalado más de 475 000 MW de nuevas centrales térmicas de carbón, con unas emisiones inherentes acumuladas por encima de los 55 000 millones de toneladas de CO₂ a lo largo de su vida técnica.

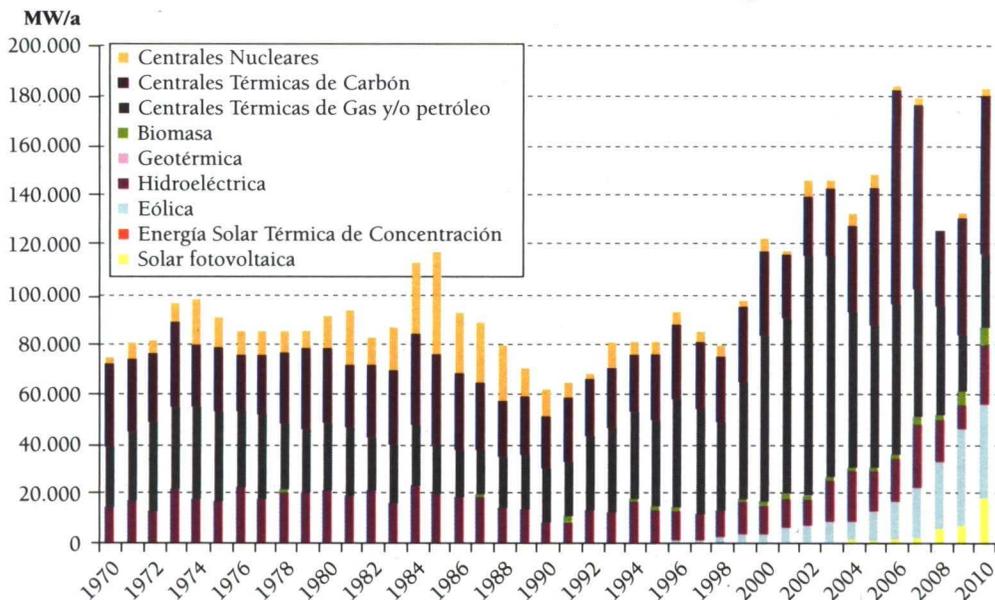
En 2010 el volumen del mercado mundial de energías renovables igualaba de media el volumen total del mercado energético mundial anual en el periodo 1970-2000. La ventana de oportunidad para las renovables, tanto para dominar las nuevas instalaciones –sustituyendo las viejas centrales en los países de la OCDE– como para la electrificación en marcha en los países en desarrollo, se cierra en los próximos años. Existe una urgente necesidad de buenas políticas sobre energías renovables y de objetivos legalmente vinculantes de reducción de las emisiones de CO₂.

Este documento ofrece una imagen general del mercado anual mundial de las centrales de generación de energía durante los últimos 40 años y una visión de su potencial de crecimiento para los 40 próximos basado en energías renovables. Entre 1970 y 1990, los países de la OCDE¹ que electrificaron sus economías especialmente con carbón, gas y centrales hidroeléctricas dominaron el mercado mundial de las centrales de generación de energía. Entonces el sector energético estaba en manos de compañías estatales con monopolios de suministro regionales o nacionales. La industria nuclear pasó por un periodo relativamente corto de crecimiento estable, entre 1970 y mediados de los años ochenta (con un pico en 1985, un año antes del accidente de Chernóbil), mientras que los años siguientes fueron de declive, sin un solo signo de “renacimiento nuclear” a pesar de la retórica.

Entre 1990 y 2000 la industria mundial de centrales de generación de energía experimentó una serie de cambios. Mientras que los países de la OCDE comenzaban a liberalizar sus mercados energéticos, la demanda de electricidad no siguió el crecimiento previo, por lo que se construyeron menos centrales. Los proyectos

¹ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Mercado Mundial de Centrales de Generación de Energía 1970-2010

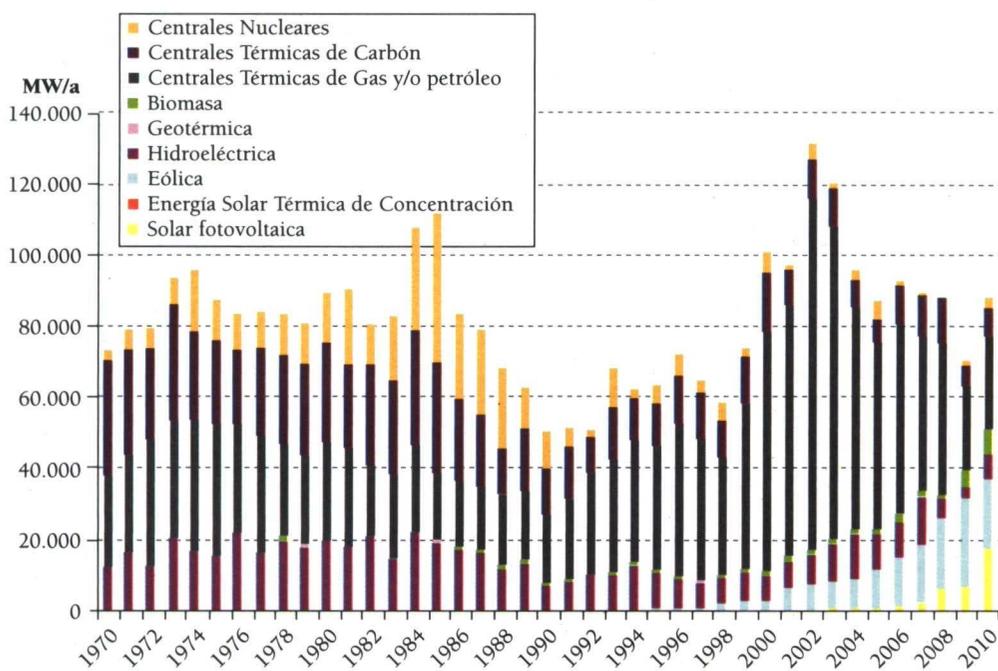


Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske.

intensivos en capital con plazos de pago muy largos, como las centrales de carbón o las atómicas, no fueron capaces de reunir el apoyo financiero suficiente. Comenzaba la década de las centrales de energía de gas.

Las economías de los países en desarrollo, sobre todo en Asia, comenzaron a crecer durante los años noventa y surgió una nueva oleada de proyectos de centrales. Al igual que hicieron Estados Unidos y Europa, la mayor parte de

Mercado Mundial de Centrales de Generación de Energía 1970-2010, China excluida



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske.

los mercados de los “Estados tigres” del sureste asiático liberalizaron en parte sus sectores energéticos. Los productores independientes de energía, que venden electricidad especialmente a empresas de titularidad estatal, construyeron un gran número de nuevas centrales eléctricas en esta región. Las nuevas centrales térmicas de gas son la tecnología dominante entre las centrales eléctricas construidas en los mercados energéticos liberalizados. No obstante, en la última década, China se ha centrado en el desarrollo de nuevas centrales de carbón. A excepción de China, el mercado mundial de centrales de generación de electricidad se ha ido alejando progresivamente del carbón desde finales de 1990; el crecimiento se centra ahora en las centrales de gas y en las energías renovables, en concreto, en la eólica.

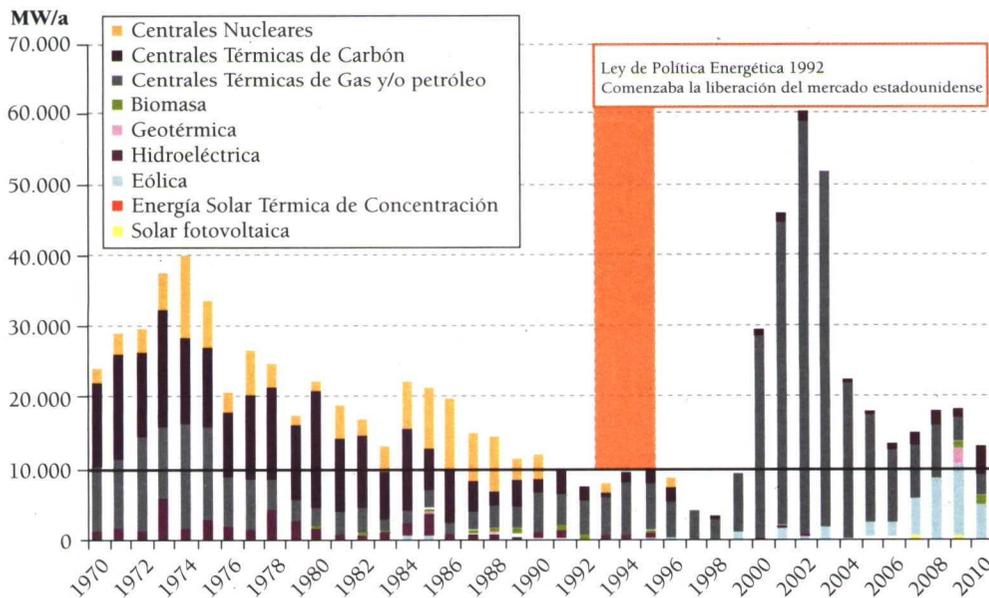
LOS MERCADOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ESTADOS UNIDOS, EUROPA Y CHINA

La liberalización del mercado eléctrico ejerce una enorme influencia sobre la tecnología que se elige para las centrales de generación de

energía. Mientras que en Estados Unidos y Europa el sector de la energía se encaminaba hacia mercados liberalizados, que favorecieron sobre todo a las centrales eléctricas de gas, China incorporó el carbón en grandes cantidades hasta 2009, cuando surgieron los primeros signos de cambio a favor de las renovables, en 2009 y 2010.

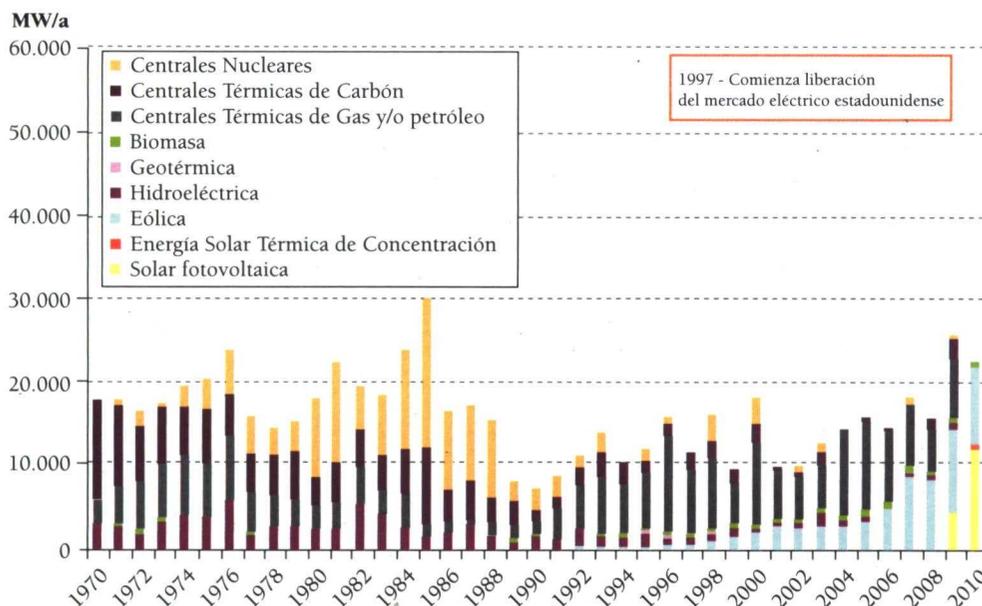
Estados Unidos: La liberalización del sector energético estadounidense comenzó con la Ley de Política Energética de 1992 y supuso un elemento de cambio para todo el sector. Aunque en 2010 Estados Unidos aún estaba muy lejos de una liberalización total del mercado de la electricidad, el efecto sobre la tecnología elegida para las centrales eléctricas hizo que se pasara del carbón y de la energía atómica a la energía eólica y al gas. Desde 2005, cada vez más parques eólicos están logrando una cuota de mercado mayor dentro de la nueva potencia instalada, lo que es consecuencia primordial de los programas estatales de apoyo a las energías renovables. El año pasado, la energía solar fotovoltaica adquirió un papel cada vez más relevante con una cartera de proyectos de 22 000 MW (*Photon 4/2011: 12*).

EE.UU.: Mercado Anual de Centrales de Generación de Energía 1970-2010



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske.

Europa: Mercado Anual de Centrales de Generación de Energía 1970-2010



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske.

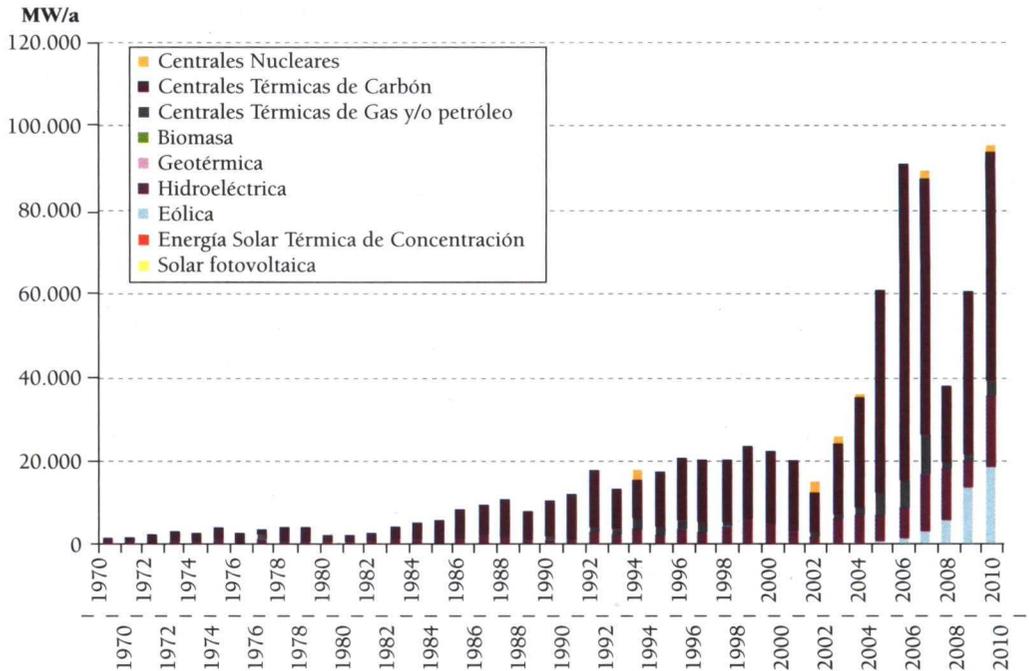
Europa: Unos cinco años después de que comenzara la liberalización del sector eléctrico en Estados Unidos, la Comunidad Europea inició un proceso similar. De nuevo, el efecto sobre el mercado de las centrales de generación fue el mismo. Los inversores apoyaron menos centrales nuevas y extendieron la vida útil de las que ya existían. Desde entonces la cuota de mercado de las nuevas centrales térmicas de carbón y nucleares se ha visto muy por debajo del 10%. La creciente participación de las energías renovables, en especial la eólica y la solar fotovoltaica, se debe a los objetivos legalmente vinculantes en relación a las renovables y a las leyes y regulaciones asociadas de tarifas de apoyo al precio de la electricidad producida con energías renovables, en vigor en varios Estados miembros de la UE 27 desde finales de los años noventa. La nueva potencia total instalada ha alcanzado un nuevo máximo histórico como resultado de la necesidad de repotenciar el viejo parque de centrales eléctricas de Europa.

China: El continuo crecimiento económico experimentado por China desde finales de los años noventa y el aumento en la demanda de electricidad condujeron a una explosión del mercado de las centrales térmicas de carbón,

sobre todo después de 2002. En 2006 el mercado alcanzó máximos históricos para las nuevas centrales de carbón: el 88% de las centrales térmicas de carbón instaladas en todo el mundo se construyeron en China. Al mismo tiempo, China está intentando sacar de la red las más sucias de sus centrales: entre 2006-2010, un total de 76825 MW de pequeñas centrales de carbón se cerraron en virtud de su Undécimo Plan Quinquenal. Aunque el carbón aún domina la nueva potencia añadida, la energía eólica también está creciendo muy rápidamente. Desde 2003 el mercado de la energía eólica se ha duplicado cada año y en 2010 se situaba por encima de los 18000 MW², el 49% del mercado eólico mundial. Sin embargo, el carbón aún controla el mercado energético con más de 55 GW de nueva potencia instalada solo en 2010. La intención del gobierno chino es aumentar las inversiones en potencia renovable. Así, duran-

² Mientras que las estadísticas oficiales del Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC, por sus siglas en inglés) y la Asociación China de Industrias de Energías Renovables (CREIA, por sus siglas en inglés) suman hasta 18.900 MW para 2010, la Administración Nacional de Energía de China habla de alrededor de 13.999 MW. Las diferencias, según la fuente, se deben al momento de conexión a la red, ya que algunas turbinas fueron instaladas en los últimos meses de 2010, pero no se conectaron a la red hasta 2011.

China: Mercado Anual de Centrales de Generación de Energía 1970-2010



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske. Administración Nacional de Energía de China.

te 2009 se destinaron alrededor de 25 100 millones de dólares (162 700 millones de yuan) a centrales eólicas e hidroeléctricas, que representan el 44% de la inversión total en nuevas centrales de generación de energía, por primera vez mayor que la inversión en carbón (149 200 millones de yuan). Y en 2010 la cifra fue de 26 000 millones de dólares (o 168 000 millones de yuan), un 4,8% más sobre el total de la combinación de esas inversiones, comparada con el año anterior, 2009.

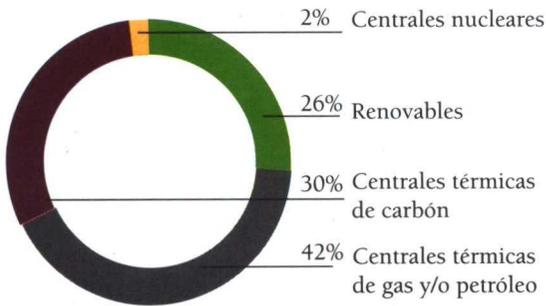
LAS CUOTAS DEL MERCADO MUNDIAL DE CENTRALES ELÉCTRICAS: LAS RENOVABLES GANAN TERRENO

Desde el año 2000, la energía eólica ha ganado cuota en el mercado mundial de centrales de generación de energía. En aquel momento solo un puñado de países, Alemania, Dinamarca y España principalmente, dominaban el mercado eólico, pero la industria del viento ya tiene proyectos en más de 70 países de todo el mundo. Siguiendo el ejemplo de la industria eólica, la industria de la energía solar fotovoltaica experimentó un crecimiento igual a partir de 2005. Entre 2000 y

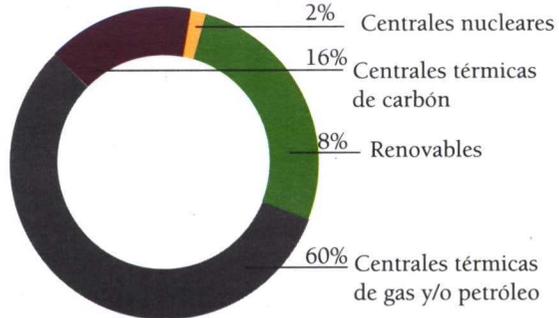
2010, el 26% de todas las nuevas centrales eléctricas del mundo eran de energías renovables —especialmente eólicas— y el 42% eran centrales térmicas de gas. Así que, dos de cada tres de las nuevas centrales de energía instaladas en todo el mundo se basan en gas y en energías renovables, mientras el carbón casi alcanza un tercio. La energía nuclear sigue siendo irrelevante a escala mundial con tan solo un 2% de cuota de mercado. Durante la última década se han instalado alrededor de 430 000 MW de nueva potencia renovable; al mismo tiempo entraron en funcionamiento 475 000 MW de nuevas centrales de carbón con unas emisiones inherentes de más de 55.000 millones de toneladas de CO₂ a lo largo de su vida útil. El 78% de ellas, o 375 000 MW, se encuentran en China.

La revolución energética, que se dirige hacia las energías renovables y el gas y se distancia del carbón y la energía atómica, ya ha comenzado en todo el mundo. La imagen es incluso más clara cuando miramos las cuotas de mercado a nivel mundial —excluyendo a China, el único país con una expansión masiva del carbón—. Alrededor del 28% de todas las centrales eléctricas nuevas se basan en renovables y el 60% son

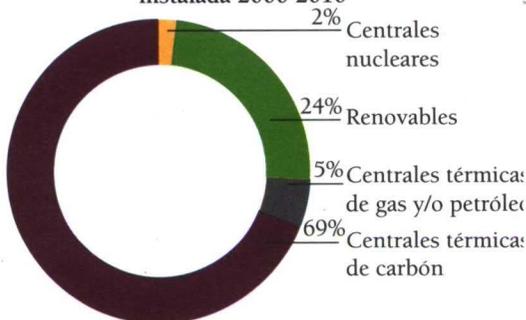
Cuotas del mercado mundial de potencia eléctrica instalada 2000-2010



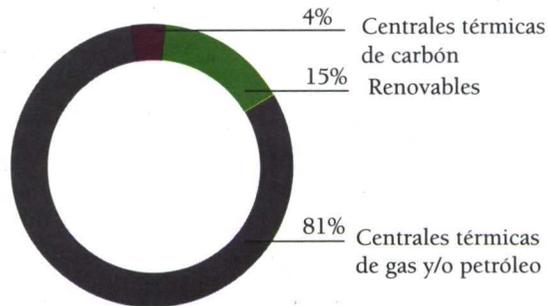
Cuotas del mercado mundial de potencia eléctrica instalada 2000-2010, excluyendo China



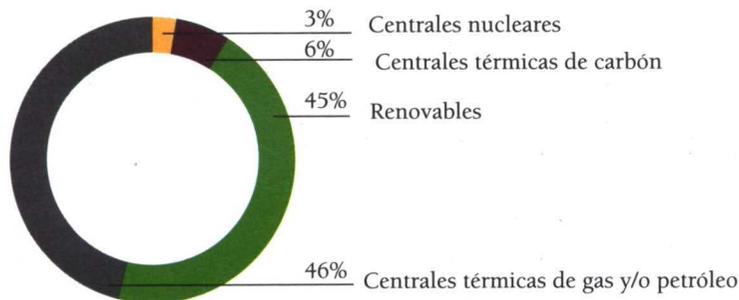
China: Cuotas del mercado de potencia eléctrica instalada 2000-2010



EE.UU.: Cuotas del mercado de potencia eléctrica instalada 2000-2010



UE27: Cuotas del mercado de potencia eléctrica instalada 2000-2010



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske.

centrales de gas (88% en total). El carbón solo obtuvo una participación del 10% del mercado mundial, sin incluir a China. Entre 2000 y 2010 China ha añadido más de 350 000 MW de potencia basada en el carbón: dos veces la potencia total de carbón instalada de la UE. Sin embargo, China acaba de dar el pistoletazo de salida a su mercado eólico y se espera que le siga la energía solar fotovoltaica en los próximos años.

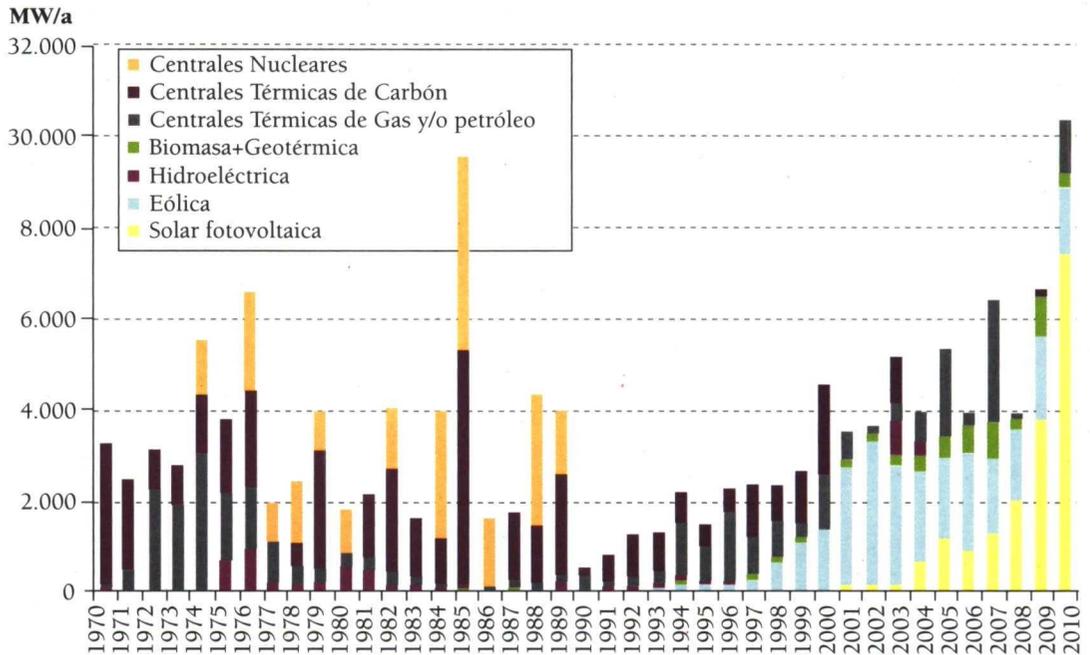
Análisis por país: Alemania

La mayor parte de las centrales eléctricas construidas entre 1970 y 1990 se basaban en el carbón, la energía atómica o el gas. La expansión nuclear se

detuvo justo después del accidente de Chernóbil de 1985, mientras que las nuevas instalaciones de carbón —especialmente centrales de lignito que sustituían las viejas centrales de la RDA— sufrieron una parada casi en seco después de 2000.

En enero de 1991, Alemania introdujo una ley de tarifa regulada, que garantiza el acceso a la red eléctrica y un precio fijo del kilovatio-hora para un periodo de 20 años. Esta primera ley sobre energías renovables sentó las bases de la industria de las energías renovables del país. Debido a la liberalización del sector de la electricidad en 1998, esta ley de energías renovables ha cambiado significativamente: en abril

Alemania: Mercado de Centrales de Generación de Energía 1970-2010



de 2010 entró en vigor una nueva ley mucho más eficiente. En una década, la industria alemana de energías renovables creció hasta convertirse en una de las mayores del mundo con más de 380 000 empleados. Alemania ha marcado la tendencia mundial del desarrollo de la industria eólica y solar fotovoltaica.

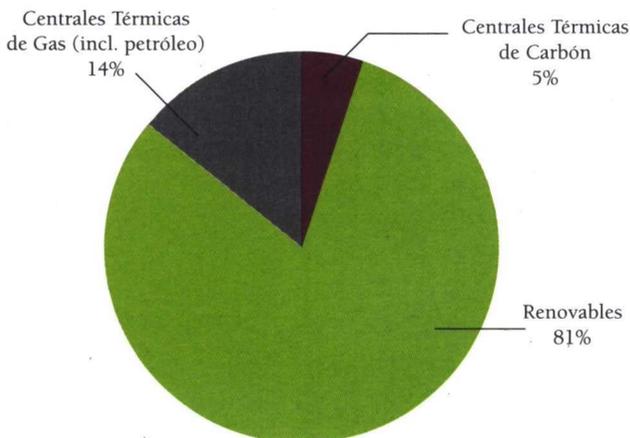
Durante la pasada década, más del 80% de todas las centrales eléctricas se basaban en tecnologías de energías renovables –sobre todo, la eólica– y el 14% son centrales térmicas de gas. Solo el

5% de las instalaciones son centrales eléctricas alimentadas con carbón. Con la renovada decisión que el Gobierno alemán tomó en mayo de 2011 de abandonar definitivamente la energía nuclear, es muy probable que, en el futuro, el desarrollo vaya en favor de las energías renovables. Sin embargo, no queda claro qué papel podrá desempeñar el carbón en ese futuro.

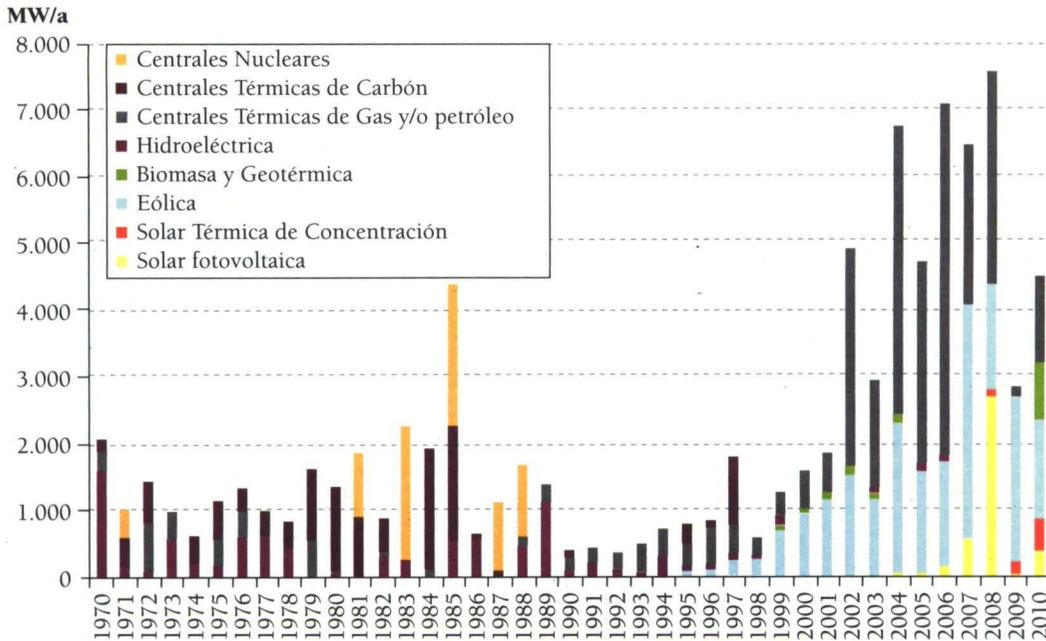
Análisis por país: España

La mayor parte de las centrales eléctricas construidas entre 1970 y 1990 se basaban en el carbón y en la energía nuclear. La expansión nuclear se detuvo tras la moratoria nuclear de 1984, finalizándose solo las centrales que estaban en avanzado estado de construcción en esa década. La construcción de centrales térmicas de carbón fue impulsada por los planes energéticos nacionales de las décadas de 1980 y 1990, pero muchos de los proyectos no llegaron a realizarse. El cambio más significativo vino con la liberalización aprobada por ley en 1997. Ni el carbón ni la nuclear resultaron opciones creíbles para el mercado, que optó masivamente por construir centrales de gas de ciclo combinado. Sin embargo, la falta de planificación condujo a un exceso de capacidad instalada,

Alemania: Nuevas centrales eléctricas construidas – Cuotas de mercado 2000-2010



España: Mercado de Centrales de Generación de Energía 1970-2010



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske, GWEC, EPIA, ASIF, CNE, Protermosolar, AEE.

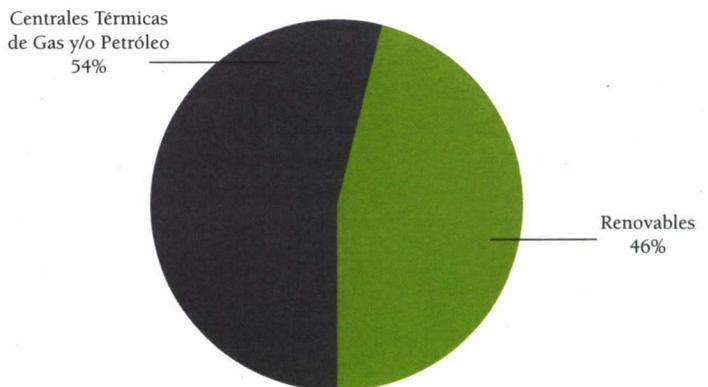
que se ha agudizado con la caída de la demanda eléctrica a raíz de la crisis económica.

La política favorable a las energías renovables se materializó en un sistema de apoyo similar al alemán, adaptado a las reglas del mercado en 1998. Este sistema, basado en un precio por kilovatio-hora previamente fijado (mediante tarifas o primas adicionales al precio de mercado, específico para cada tecnología), ha dado como resultado un crecimiento acelerado de las tecnologías renovables, primero la eólica, seguida en el tiempo de la solar fotovoltaica y, última-mente, la solar termoeléctrica. Sin embargo, a diferencia de Alemania, el sistema español ha estado sujeto a permanentes reformas, cada vez más restrictivas hacia las energías renovables, y en medio de una continua incertidumbre, de forma que España ha pasado de estar en el grupo de cabeza del mercado mundial de las renovables a ir perdiendo posiciones en favor de los países que siguen apostando por ellas con firmeza o sumándose a esta carrera imparable.

España aún mantiene unas condiciones tecnológicas, industriales y de recursos excelentes para reengancharse al tren de las renovables.

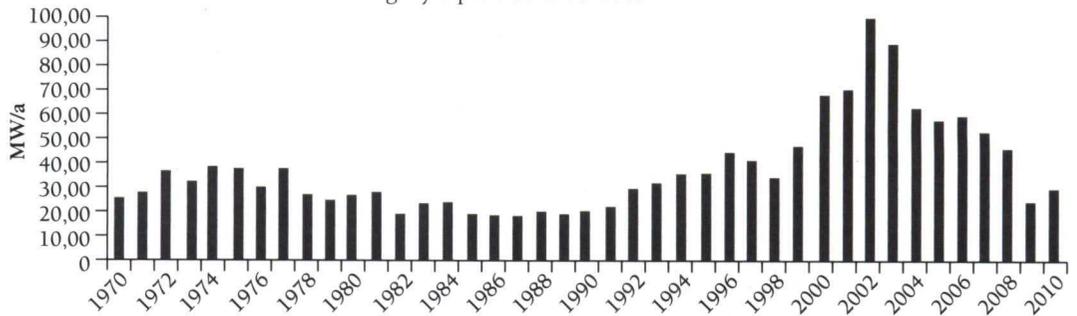
Lo que ocurra en el futuro vendrá determinado por el grado de ambición de los planes de renovables y por las leyes que regulen el sistema de apoyo. La experiencia histórica ha demostrado que la capacidad y velocidad del crecimiento de las renovables es mayor de lo que se había previsto, llegando a superar al crecimiento de la demanda. El reto será adaptar los planes y la legislación al dinamismo demostrado por las renovables, y prepararse para la sustitución de las energías convencionales por renovables.

España: Nuevas centrales eléctricas construidas – Cuotas de mercado 2000-2010

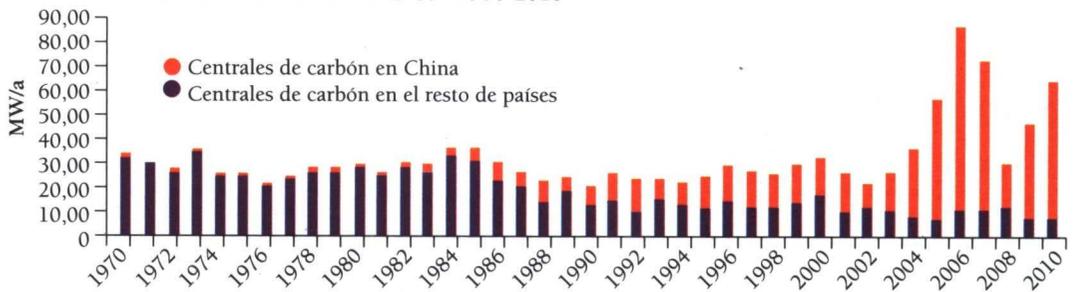


Evolución histórica del mercado mundial de centrales de energía según la tecnología utilizada

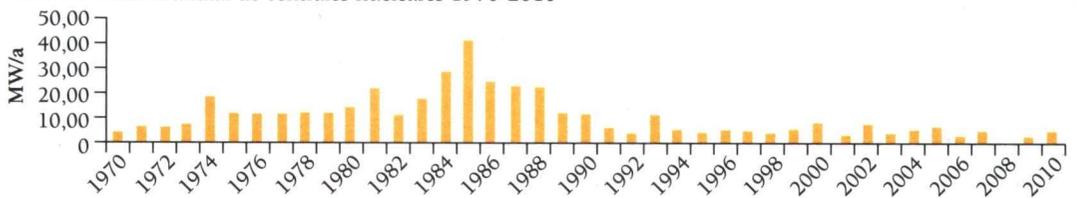
Mercado anual mundial de centrales de gas y/o petróleo 1970-2010



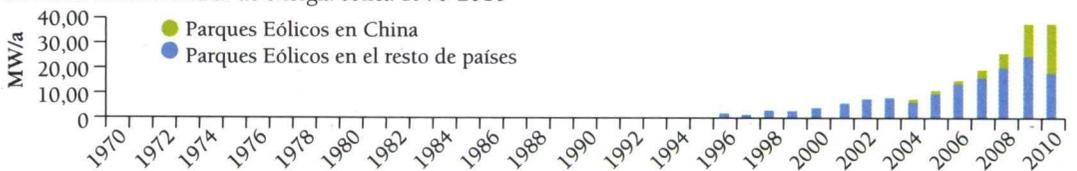
Mercado anual mundial de centrales de carbón 1970-2010



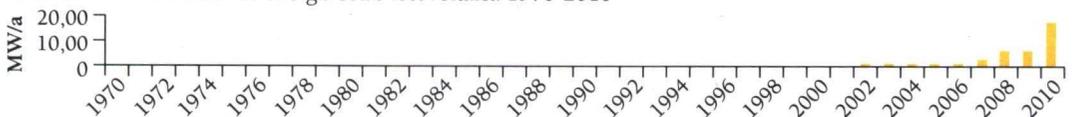
Mercado anual mundial de centrales nucleares 1970-2010



Mercado anual mundial de energía eólica 1970-2010



Mercado anual mundial de energía solar fotovoltaica 1970-2010

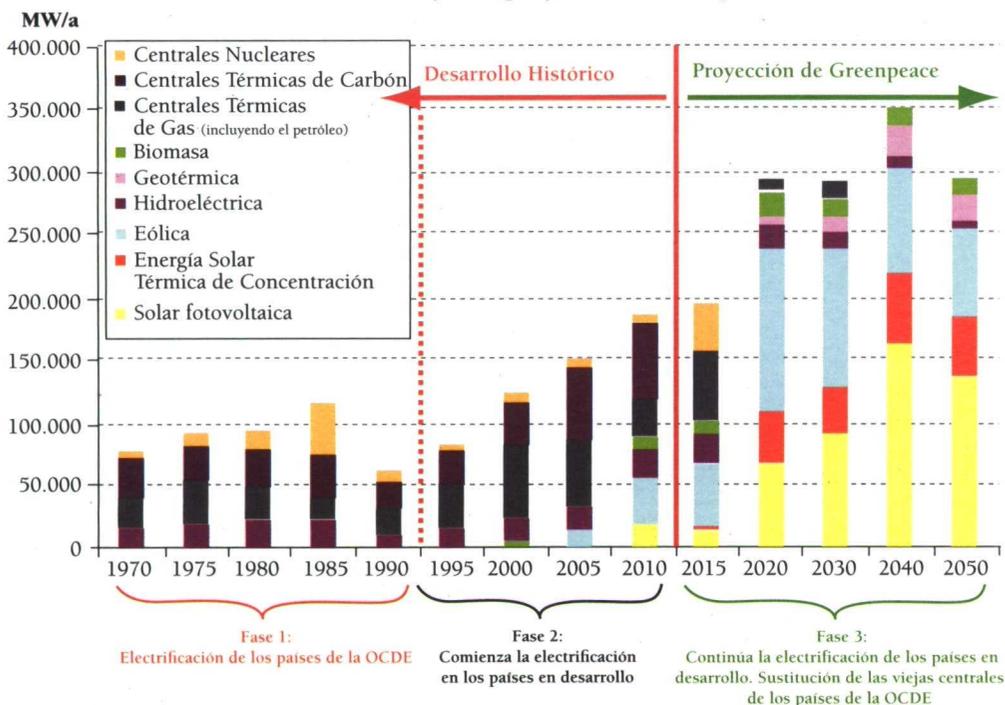


EL FUTURO DE LA [R]EVOLUCIÓN ENERGÉTICA

Mientras que la tendencia de los mercados de las energías renovables –en especial la energía eólica, la solar fotovoltaica y la solar térmica de concentración– es muy prometedora y ha mantenido un crecimiento de dos dígitos durante la última década, los próximos años decidirán si el mundo camina hacia un suministro de energía 100% renovable.

Durante siete años Greenpeace, el Consejo Mundial de la Energía Eólica y la Agencia Espacial Alemana (DLR, por sus siglas en alemán) han venido publicando escenarios mundiales, regionales y nacionales (informes *[R]evolución Energética*), que utilizan los informes *Perspectivas de la Energía en el Mundo* de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) como escenario habitual de referencia. En la primera edición mundial del informe *[R]evolución Energética*, publicada en 2007, se proyectaba que la potencia instalada de

Mercado mundial anual de centrales de generación de energía: los últimos 40 años y una proyección de los próximos 40



Fuente: Platts, AIE, Breyer, Teske, GWEC, EPIA, ASIF, CNE, Protermosolar, AEE.

energía renovable a escala mundial sería de 156 GW para 2010, una cifra que ya alcanzó solo el sector eólico en 2009. Resulta evidente que la revolución energética está en marcha y que desempeñará un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático. El aspecto económico de las renovables mejorará a medida que avance su desarrollo técnico, a medida que el precio de los combustibles fósiles continúe incrementándose y que el recorte de las emisiones de dióxido de carbono reciba un valor monetario.

El escenario de la [R]evolución Energética establece un objetivo mundial clave de reducción de las emisiones de dióxido de carbono hasta el nivel de unas 10 gigatoneladas anuales para 2050. El escenario de la [R]evolución Energética Avanzada adquiere un enfoque mucho más radical y activa los frenos de emergencia en cuanto a las emisiones mundiales. Por lo tanto, asume una vida útil mucho más corta para las centrales térmicas de carbón: 20 años en vez de 40. Para cubrir esta brecha han de incrementarse las tasas de crecimiento anual de las fuentes de energía renovable, en especial

la solar fotovoltaica, la eólica y las centrales de energía solar térmica de concentración. El escenario avanzado también considera el mismo crecimiento de la población y crecimiento económico de la versión básica, así como la mayor parte de la hoja de ruta de eficiencia energética. En cuanto al sector del transporte, muestra un despegue más rápido de la combustión eficiente en vehículos y, después de 2025, una cuota mayor de vehículos eléctricos. En relación al sector de la calefacción, a nivel industrial se da una expansión más rápida de la cogeneración, más electricidad para procesos térmicos y un crecimiento más acelerado de los sistemas de calefacción solar y geotérmica. Si se suma esto a una creciente cuota de motores eléctricos en el sector del transporte, se llega a una mayor demanda de energía eléctrica en general. Incluso así, la demanda mundial total de electricidad que presenta el Escenario de la [R]evolución Energética es menor que en el escenario de referencia.

El escenario avanzado incluye en sus cálculos las últimas proyecciones de desarrollo del

Mercado mundial anual de las centrales eléctricas: los últimos 40 años y su posible evolución en los próximos 40

Tasas medias de crecimiento y volúmenes anuales de mercado alcanzados en el pasado por la tecnología de las renovables y una proyección de futuro según el escenario de la [R]evolución Energética avanzada

	Tasas de crecimiento Medias anuales (%/a)	Volumen Anual de Mercado (GW/a)
Fotovoltaica 2005-2010	87%	18 (2010)
2011-2020	42%	35
2021-2030	14%	124
2031-2050	15%	211
Energía Solar Concentrada 2005-2010	no disponible	<2 (2010)
2011-2020	62%	12
2021-2030	17%	45
2031-2050	14%	66
Eólica 2005-2010	27%	35 (2010)
2011-2020	26%	101
2021-2030	8%	29
2031-2050	7%	202
Geotérmica (incluida la cogeneración) 2005-2010	4%	no disponible
2011-2020	24%	5
2021-2030	13%	23
2031-2050	12%	25
Bioenergía (incluida la cogeneración) 2005-2010	no disponible	aprox. 8
2011-2020	18%	17
2021-2030	6%	35
2031-2050	10%	29
Marina 2005-2010	no disponible	< 1
2011-2020	70%	4
2021-2030	15%	12
2031-2050	19%	27
Hidráulica 2005-2010	no disponible	aprox. 20
2011-2020	2%	21
2021-2030	1%	127
2031-2050	2%	67

mercado de la industria de las renovables³ para todos los sectores. Una incorporación más rápida de vehículos eléctricos junto con una puesta en marcha a más velocidad de las redes inteligentes y expansión de las súper redes (unos 10 años antes que en la versión básica) permiten obtener una mayor cuota para la generación fluctuante de energía renovable (fotovoltaica y eólica). Por lo tanto, el umbral del 40% de participación de las renovables en el suministro de energía primaria mundial se habrá superado a finales de 2030 (también 10 años antes). Por el

contrario, tanto la cantidad de biomasa como la de energía hidráulica se mantienen en los escenarios de la [R]evolución Energética, por motivos de sostenibilidad.

RESULTADOS CLAVE DEL ESCENARIO DE LA [R]EVOLUCIÓN ENERGÉTICA AVANZADA

Hoy en día, las energías renovables representan el 13% de la demanda mundial de energía primaria. La biomasa, que es la más usada en el sector calefacción, es la principal fuente. La aportación de las energías renovables para la generación de

³ Ver EREC, RE-Thinking 2050, GWEC, EPIA y otros.

electricidad es de un 18%, mientras que su contribución para el suministro de calefacción llega a un 24%, en gran medida debido a usos tradicionales como el consumo de leña. Cerca de un 80% del suministro de energía primaria todavía proviene de los combustibles fósiles. El siguiente resumen muestra los resultados del escenario de la [R]evolución Energética avanzada, la cual se logrará con las siguientes medidas:

La explotación de las principales fuentes de energía se asegurará de que la demanda final de energía aumente sólo un poco, de los actuales 305 093 PJ/a (2007) a 326 476 PJ/a en 2050, frente a los 531 485 PJ/a en el escenario de referencia. Esta drástica reducción constituye un requisito previo fundamental para conseguir una significativa aportación de las energías renovables en el total de la aportación de energía al sistema, compensando así la eliminación gradual de la energía nuclear y la reducción del consumo de combustibles fósiles.

Se usan más motores eléctricos en el sector transportes, y el hidrógeno producido por electrolisis del excedente de energía eléctrica renovable juega un papel mucho más importante en el escenario avanzado que en el original.

Después de 2020, la proporción de vehículos eléctricos en el sector transportes aumentará un 5% y, en 2050, llegará al 50%. Gran parte del transporte público será también eléctrico, y también habrá un gran cambio modal desde el transporte por carretera al ferrocarril.

El incremento en el uso de la cogeneración de calor y energía (CHP) también mejora el suministro la eficiencia del sistema de suministro incrementándose el uso de gas natural y biomasa. A largo plazo, el descenso de demanda de energía térmica y el gran potencial de producción de calor directamente de energías renovables, limitará la posterior expansión del CHP.

El sector eléctrico se convertirá en el pionero en la utilización de energías renovables. En 2050, cerca del 95% de la electricidad provendrá de recursos renovables. Por estas fechas una capacidad de 13 229 GW producirán 41 552 TWh/a de electricidad renovable. Una importante aportación de la energía proveniente de los sistemas eólicos y la solar fotovoltaica solares se usará para aportar electricidad a las baterías de vehículos eléctricos y para la producción de hidrógeno como fuente secundaria de combustible en transporte e industria.

Mundial: evolución de la generación de electricidad bajo los tres escenarios posibles: Referencia, Revolución energética, Revolución Energética Avanzada. Eficiencia = Reducción comparada al escenario de Referencia

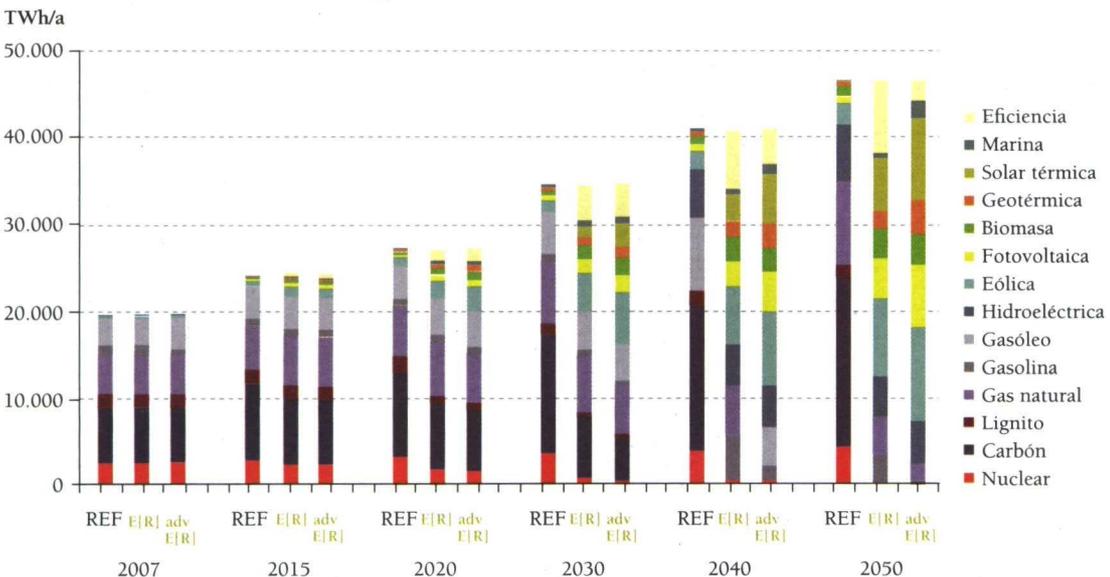


Tabla: Mundial: Proyección de la capacidad de generación de electricidad de las renovables bajo ambos escenarios de [R]evolución

EN GW		2007	2020	2030	2040	2050
Hidroeléctrica	E[R]	922	1206	1307	1387	1438
	advanced E[R]	922	1212	1316	1406	1452
Biomasa	E[R]	46	212	336	500	652
	advanced E[R]	46	214	343	501	621
Eólica	E[R]	95	878	1733	2409	2943
	advanced E[R]	95	1140	2241	3054	3754
Geotérmica	E[R]	11	49	108	196	279
	advanced E[R]	11	69	238	469	693
Fotovoltaica	E[R]	6	335	1036	1915	2968
	advanced E[R]	6	439	1330	2959	4318
Solar de concentración	E[R]	0	105	324	647	1002
	advanced E[R]	0	225	605	1173	1643
Marina	E[R]	0	29	73	168	303
	advanced E[R]	0	58	180	425	748
Total	E[R]	1080	2813	4917	7224	9585
	advanced E[R]	1080	3359	6252	9987	13229

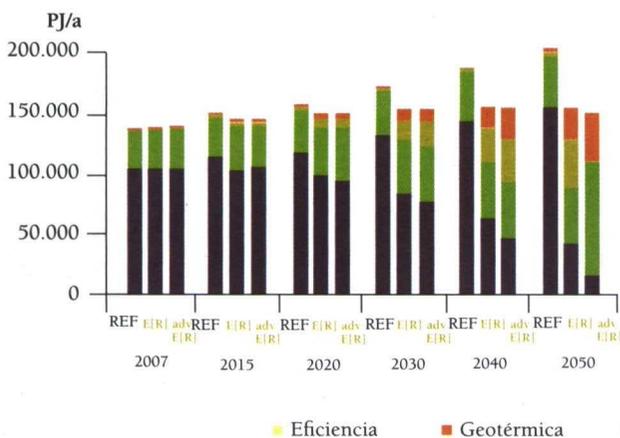
En el sector de calefacción, el aporte de renovables aumentará hasta el 91% en 2050. Los combustibles fósiles serán reemplazados progresivamente por tecnologías más eficientes como biomasa, solar de concentración y geotérmica. Las bombas de calor geotérmicas y, en las regiones del "cinturón del sol", las centrales solares de condensación, jugarán un papel importante en la industria de producción de energía térmica.

En el sector del transporte el gran potencial de eficiencia, explotará debido a un cambio modal

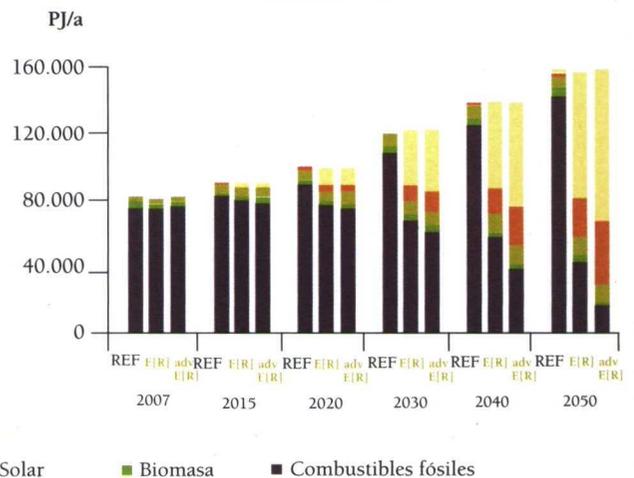
desde la carretera al ferrocarril, apareciendo vehículos mucho más pequeños y ligeros. Mientras que la biomasa se dedicara a aplicaciones concretas, la producción de bio fuel estará limitada por la disponibilidad de materias primas sostenibles. Los vehículos eléctricos a partir de fuentes de energía renovables, jugarán un importante papel a partir de 2020.

Hacia 2050, el 80% de la demanda de energía primaria se cubrirá con fuentes de energía renovable.

Mundial: evolución de la estructura del suministro para calefacción bajo los 3 escenarios



Mundial: el transporte bajo los tres escenarios



Inversiones futuras

Se necesitará una inversión mundial de 18,2 billones de dólares para convertir en realidad el escenario de [R]evolución Energética avanzada, aproximadamente un 60% más que el escenario de referencia (11,2 billones de dólares). Según la versión de referencia, las inversiones en energías renovables y combustibles fósiles son de 5 billones de dólares por año hasta el año 2030. Según el escenario avanzado, sin embargo, el mundo desviará alrededor de un 80% de la inversión hacia las energías renovables. Para 2030 la contribución de los combustibles fósiles al sector energético, se centraría principalmente en la cogeneración de calor y energía y la centrales eléctricas de gas. La inversión anual media en el sector energético según el escenario de la [R]evolución Energética avanzada, entre 2007 y 2030, sería aproximadamente de 782 000 millones de dólares. Como las energías renovables no tienen costes de combustible, el ahorro de combustible en el escenario de la

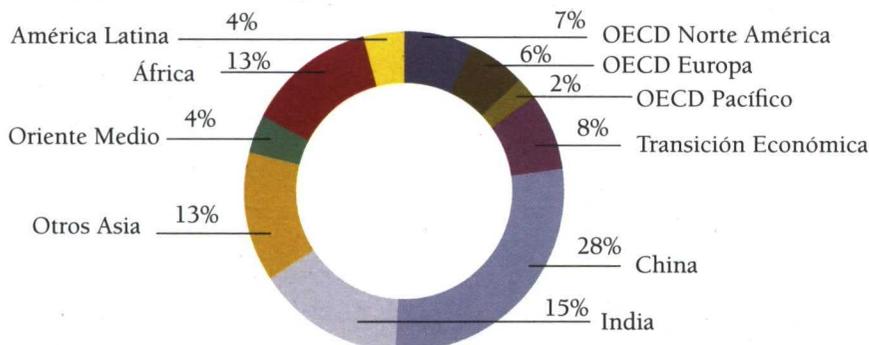
[R]evolución Energética avanzada podría llegar a un total de 6,5 billones de dólares, o 282 millones por año.

Desarrollo de las emisiones de CO₂

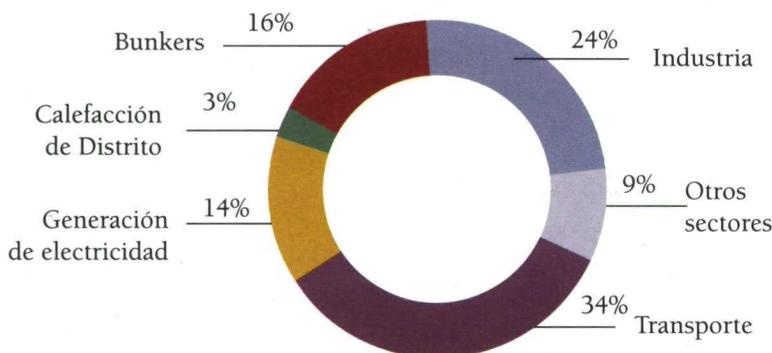
Mientras que las emisiones mundiales de CO₂ se incrementarán más del 60% hasta el año 2050 según el escenario de referencia, y por tanto lejos del camino del desarrollo sostenible, según el escenario [R]evolución Energética avanzada se reducirá de 27 400 millones de toneladas en 2007 a 3 700 en 2050, un 82% menos que los niveles en 1990. Las emisiones anuales per cápita caerán de 4,1 toneladas per cápita a 0,4 toneladas per capita. A pesar de la eliminación gradual de la energía nuclear, y la creciente demanda de electricidad, las emisiones de CO₂ decrecerán de forma considerable en el sector eléctrico.

A largo plazo el aumento de la eficiencia en el uso de vehículos eléctricos renovables, así como

Mundial: reducción de las emisiones de CO₂ en el escenario de la [R]evolución Energética avanzada en 2050



Mundial: emisiones de CO₂ según la [R]evolución Energética avanzada en 2050



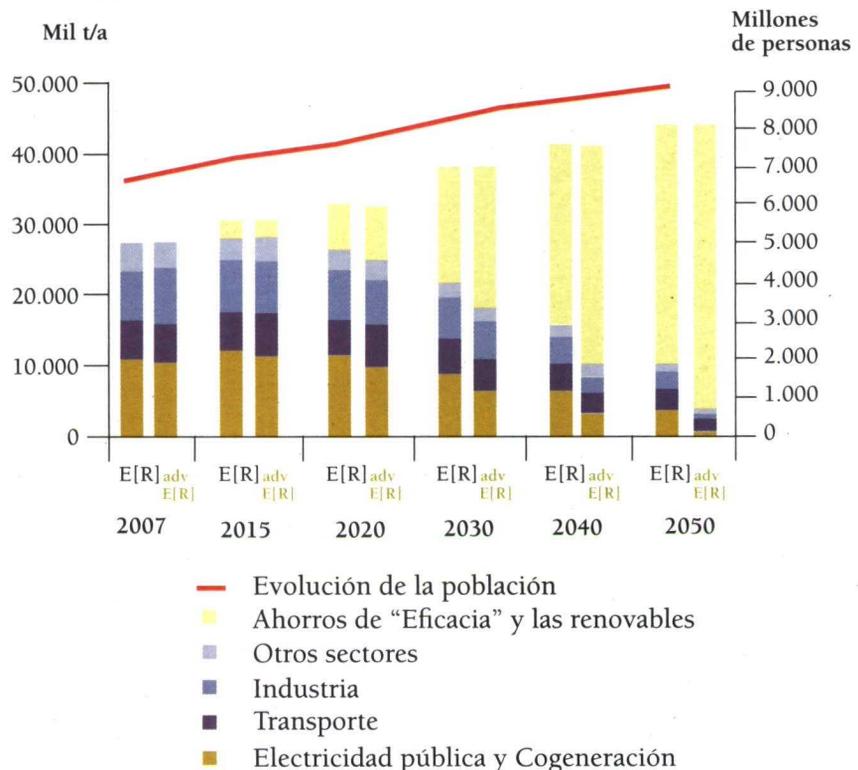
por la fuerte expansión de éstos en el transporte público, reducirán las emisiones de CO₂ en el sector transportes. Dicho sector contribuirá con una reducción del 42% del total de emisiones en 2050, aunque sigue siendo la mayor fuente de emisiones, seguido por la industria y la generación de energía.

Políticas para mantener y expandir la [R]evolución energética[†]

A pesar de que a finales de los ochenta y principios de los noventa sólo un pequeño número de países desarrollados desarrollaban políticas

que la tenían 4 años antes. La producción de electricidad se encuentra entre muchos objetivos nacionales, normalmente entre el 5%-30% aunque alcanza el 90% en algunos. Otros objetivos incluyen aportaciones al total o al final de la energía primaria (típicamente 10%-20%), instalaciones específicas de varias tecnologías, o cantidades totales de producción de energías renovables. Muchos de los objetivos son a largo plazo, a partir de 2020. El objetivo europeo (20% de la energía final para 2020) es clave entre los países de la OCDE. Brasil encabeza a los países en desarrollo (75% de la electricidad para 2030), China (15% de la energía final

Mundial: evolución de las emisiones de CO₂ por sectores bajo los dos escenarios de [r]evolución



de energías renovables, en los años posteriores se ha visto un gran incremento, particularmente entre 2005 y 2010.

Más de 85 países tenían una política de objetivos en 2009, frente a los tan sólo 45 países

para 2020), India (20GW solar para 2022), y Kenia (4GW de energía geotérmica para 2030). Muchos países también tienen objetivos a nivel regional y local.

Las políticas de producción de energías renovables existen actualmente en al menos 83 países. De éstos, el sistema de primas tarifarias (FIT

[†] Source: REN 21 – Renewable Status Report 2010.

en sus siglas en inglés) es el más frecuente. En 2010, al menos 50 países y 25 estados y provincias tenían sistema *feed-in tariff*, y más de la mitad de ellos llevan existiendo al menos cinco años. El apoyo a este sistema está creciendo y está siendo adoptado en el ámbito estatal y local. Globalmente, las agendas nacionales de criterios renovables (RPS en sus siglas en inglés) o cuotas cuentan en la actualidad con el apoyo de 10 gobiernos nacionales y 46 estatales. Muchas políticas RPS requieren aportaciones de energías renovables para alcanzar 5%-20% t, en plazos que se extienden a partir de 2020.

Las políticas a menudo son adoptadas en combinación con subsidios directos a la inversión de capital, subvenciones o descuentos existen en al menos 45 países. También son frecuentes otros incentivos, como créditos fiscales. Los mercados de solar fotovoltaica han sido respaldados por subvenciones y créditos fiscales. Los pagos de producción de energía o “primas tarifarias” también se utilizan en algunos países.

La financiación de proyectos de energías renovables es diferente a la del carbón o la de los proyectos nucleares. Mientras que muchos de los proyectos de energías renovables están en un rango de entre unos pocos kilovatios y cantidades de dos dígitos de megavatios, el volumen de negocio mucho menor, y el número de proyectos es mayor comparado con una escala de unos pocos, pero muy grandes (1 000 MW y más) proyectos, de plantas de carbón. Sin embargo, los requisitos de las políticas son similares: los promotores del proyecto de energías renovables necesitan tener la seguridad de que la electricidad que puede ser generada en un parque eólico, puede ser vendida por un cierto precio mínimo y que el acceso a la red está garantizado durante el periodo de amortización de las centrales. Esto es similar a la financiación de una planta de carbón para el Productor de Energía Independiente (IPP), que requiere un contrato de compra de energía durante el periodo que dure su amortización y una garantía de conexión a la red. Las plantas energéticas no pueden ser financiadas en base a los precios de mercado o en emisiones negociables de CO₂ o

certificaciones de energías renovables, si no hay garantías de un precio mínimo garantizado. Semejantes inversiones multimillonarias necesitan proyectos fiables y seguros.

Por tanto, Greepeace demanda un sistema de primas tarifarias, con una tarifa de recompra garantizada, además de una garantía de acceso prioritario a la red. La única diferencia con el contrato de compra de energía para IPPs es que la tarifa no se negocia entre el IPP y el operador de la red y/o servicios públicos, sino que los catalogados como pequeños negocios no pueden llegar a acuerdos con operadores de redes. Estas primas tarifarias son el mecanismo más eficaz para introducir las energías renovables de forma escalonada, algo que ha sido comprobado desde los inicios de la industria eólica a principios de los años noventa en Alemania. Los procesos de negociación siempre conducen a un incremento en los costos, ya que añaden una eslabón más, los intermediarios, entre el operador de red y el promotor del proyecto y/o el operador de la planta energética. Los intermediarios añaden un coste adicional al proyecto, sin ser necesarios para implementar energías renovables, y representan sólo una carga innecesaria en las facturas de electricidad.

La [R]evolución Energética invierte en puestos de trabajo, no en combustibles

Si el escenario de referencia se convirtiera en realidad, la cantidad de empleos en el sector energético se mantendría en el nivel actual hasta 2030. Esto a pesar del incremento en la producción de electricidad a partir de carbón del 40% hasta 2030 en el caso de referencia. La razón principal es que según aumentan la prosperidad y la productividad en el trabajo, disminuyen los empleos por megavatio. Esto queda reflejado en los ajustes regionales, en cuyo modelo la generación de electricidad tiende a ser un trabajo más intensivo en lugares pobres que en lugares ricos. Este cambio, basado en el aumento del nivel de vida en los países desarrollados, representa dos tercios de las pérdidas de empleos del carbón en los países en desarrollo.

	Escenario de Referencia			[R]evolución Energética			[R]evolución Energética avanzada		
	2015	2020	2030	2015	2020	2030	2015	2020	2030
Empleos (millones)									
Construcción e instalaciones	1,6 m	1,7 m	1,3 m	3,0 m	2,8 m	2,0 m	3,8 m	3,4 m	3,1 m
Industria	0,6 m	0,5 m	0,3 m	1,8 m	1,7 m	1,2 m	2,5 m	2,2 m	1,7 m
Operaciones y mantenimiento	1,6 m	1,7 m	2,0 m	1,9 m	2,6 m	3,3 m	1,9 m	2,7 m	3,6 m
Suministro de combustible	3,9 m	4,0 m	4,4 m	3,9 m	3,8 m	3,7 m	3,8 m	3,7 m	3,1 m
Exportación de gas y carbón	0,5 m	0,5 m	0,7 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,4 m	0,4 m
Total de empleos	8,0 m	8,4 m	8,7 m	11,1 m	11,4 m	10,6 m	12,5 m	12,4 m	11,9 m
Mundial									
Carbón	3,9 m	4,1 m	4,2 m	3,4 m	3,1 m	2,7 m	3,2 m	2,8 m	2,1 m
Gas, gasolina y gasoil	1,5 m	1,6 m	1,7 m	1,7 m	1,6 m	1,4 m	1,6 m	1,5 m	1,2 m
Nuclear	0,3 m	0,3 m	0,3 m	0,2 m	0,1 m	0,0 m	0,2 m	0,1 m	0,0 m
Renovables	2,3 m	2,4 m	2,4 m	5,9 m	6,6 m	6,5 m	7,5 m	8,0 m	8,5 m
Total de empleos	8,0 m	8,4 m	8,7 m	11,1 m	11,4 m	10,6 m	12,5 m	12,4 m	11,9 m
Mundial-empleos									
Carbón	3,93 m	4,15 m	4,20 m	3,43 m	3,13 m	2,74 m	3,22 m	2,82 m	2,11 m
Gas, gasolina y gasoil	1,51 m	1,59 m	1,74 m	1,67 m	1,63 m	1,40 m	1,59 m	1,49 m	1,23 m
Nuclear	0,33 m	0,29 m	0,29 m	0,17 m	0,10 m	0,04 m	0,17 m	0,10 m	0,04 m
Biomasa	0,48 m	0,59 m	0,86 m	0,96 m	1,51 m	2,11 m	0,96 m	1,52 m	2,14 m
Hidroeléctrica	0,90 m	0,95 m	0,91 m	1,00 m	0,67 m	0,59 m	0,88 m	0,68 m	0,60 m
Eólica	0,52 m	0,39 m	0,38 m	1,70 m	1,55 m	1,40 m	2,28 m	2,01 m	1,73 m
Fotovoltaica	0,32 m	0,40 m	0,25 m	1,85 m	2,40 m	1,71 m	2,67 m	2,99 m	2,77 m
Geotérmica	0,02 m	0,02 m	0,02 m	0,07 m	0,09 m	0,12 m	0,10 m	0,18 m	0,27 m
Solar térmica	0,02 m	0,02 m	0,02 m	0,23 m	0,31 m	0,49 m	0,54 m	0,51 m	0,85 m
Marina	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,05 m	0,04 m	0,06 m	0,12 m	0,12 m	0,16 m
Total de empleos	8,04 m	8,40 m	8,68 m	11,13 m	11,43 m	10,65 m	12,51 m	12,43 m	11,90 m

China es responsable de un tercio de los empleos a nivel mundial en el sector en 2015, más de tres cuartos en el sector del carbón. Los ajustes regionales de China suponen la pérdida de alrededor de 200 000 empleos del carbón según el escenario de referencia. Una pequeña expansión del sector de las energías renovables no podría contrarrestar estas pérdidas. El nivel de empleo no volvería a los niveles de 2010, ni siquiera combinándolos con un 50% de expansión en la capacidad de gas.

El escenario de [R]evolución Energética también tiene pérdidas de empleos en el carbón, porque el crecimiento es casi nulo. Sin embargo, el aumento del empleo en energías renovables es tan fuerte que puede generar 4,1 millones de empleos en 2030, en relación al caso de referencia de 2015. En el caso avanzado llevará a 8,5 millones de empleos en el sector de las renovables, comparado con los 2,4 millones en el supuesto de referencia. En ambos escenarios de [R]evolución Energética hemos

sido cautos en los cálculos y adoptado factores de descuento para representar cuántos empleos por unidad de energía pueden perderse con el tiempo, siendo menores las previsiones de Greenpeace que las de otros estudios. Se podría dar el caso por ejemplo, de que la creación de empleo por GWh (Gigavatios hora) en eficiencia energética, aumentara a medida que las opciones de eficiencia energética se fueran agotando. Mientras que los escenarios de [R]evolución Energética tienen un mayor volumen de inversiones que los escenarios de referencia, el coste real de la producción de energía se mantiene en los mismos niveles hasta 2030, y cae drásticamente después de que la mayoría de las centrales se den de baja y produzcan los costes marginales, sin considerar el precio de los combustibles.

Sin embargo, las energías renovables necesitan más mano de obra que en el escenario de referencia, ya que las energías renovables invierten en personas, no en combustible. ❀