



INFORME DE PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES



Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

Fundación OPTI

Octubre 2011

FECYT y la Fundación OPTI agradecen sinceramente el apoyo desinteresado de toda la comunidad científica y empresarial que ha participado en este informe, y más en concreto a los miembros del Panel de Expertos:

- Mónica Aguado, Centro Nacional de Energías Renovables, CENER
- Gobieta Alonso, Abengoa Solar
- Mercedes Ballesteros, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Julio Cárabe, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Ignacio Cruz, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Margarita De Gregorio, Asociación de Productores de Energías Renovables, APPA
- Francisco Javier Domínguez, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Fernando Fabero, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Jon Ganuza, Gas Natural Fenosa
- Michael Geyer, Abengoa Solar
- Cristina Gómez, Red Eléctrica de España
- M^ª Rosario Heras, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Ana Rosa Lagunas, Centro Nacional de Energías Renovables, CENER
- Silvia López, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE
- Carlos López, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE
- Emma Núñez, Abengoa Solar
- Emiliano Perezagua, Plataforma Tecnológica Europea de Energía Solar Fotovoltaica
- Pablo Ruiz, TECNALIA
- Fernando Sánchez, Centro Nacional de Energías Renovables, CENER
- Ángeles Santamaría, Iberdrola Renovables
- Enrique Soria, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Félix Tellez, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT
- Eduardo Zarza, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT

Autores:

Juan Antonio Cabrera (CIEMAT)

Purificación Ribas (CIEMAT)

María José Cuesta (CIEMAT)

Coordinadores:

Ana Morato (Fundación OPTI)

Sergio Jiménez de Ochoa (Fundación OPTI)

Cristina Ortega (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT)

© Copyright: OPTI/FECYT

Diseño y maquetación: Global Diseña

NIPO: 470-11-044-0



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	4
	El escenario energético internacional.....	4
	Potencial de las energías renovables.....	6
	Industria. Innovación.....	9
	Empleo.....	11
	Políticas.....	11
	Situación en España.....	12
	Industria. Innovación.....	14
	Empleo.....	15
	Políticas.....	15
3.	EL ESTUDIO DE PROSPECTIVA 2010.....	17
	Ámbito y alcance del estudio.....	17
	Objetivos.....	18
	Áreas.....	18
	Metodología.....	19
	Panel de expertos.....	20
	Diseño del cuestionario.....	20
	Panel consultivo.....	21
	Cabecera de Variables.....	21
4.	ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS RECIBIDAS.....	24
	Resultados globales.....	24
	Participación.....	24
	Análisis de variables.....	25
	Horizonte temporal.....	26
	Impactos.....	27
	Posición competitiva de España.....	27
	Factores críticos.....	28
5.	TEMAS MÁS RELEVANTES EN CADA ÁREA.....	32
	Tendencias: Temas Generales.....	32
	Redes y Distribución de Energía.....	38
	Energía Eólica.....	45
	Solar Fotovoltaica.....	51
	Solar Termoeléctrica.....	59
	Biomasa.....	66
	Biocombustibles.....	73
	Integración de Renovables en la Edificación.....	78
	Energía Geotérmica.....	86
	Energías Marinas.....	92
6.	CONCLUSIONES.....	99
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	APENDICES.....	103
	Panel de Expertos.....	103
	Cuestionario.....	104

1. Introducción

La política energética de la Unión Europea trata de conseguir disminuir la dependencia energética garantizando la seguridad en el abastecimiento necesario para mejorar el bienestar social y la competitividad económica con un decidido compromiso de luchar contra el cambio climático y la sostenibilidad. Estos objetivos constituyen la base para el desarrollo de una visión estratégica conectando la política energética con otros sectores implicados como la industria, el medioambiente o el transporte. Para ello se han adoptado una serie de decisiones para desarrollar una economía baja en carbono con un mayor peso de las energías renovables en la estructura de generación, la utilización de tecnologías limpias y la eficiencia dentro del sistema energético. Como resultado a finales de 2010 se publicó la Comunicación "Estrategia para una energía competitiva, sostenible y segura" donde se enmarcan las políticas e iniciativas que permitirán una mejor utilización de los recursos disponibles y el desarrollo de las infraestructuras necesarias para conseguir un crecimiento inteligente y sostenible.

El plan de acción aprobado en 2007 por el Consejo Europeo pedía a los países miembros medidas para alcanzar los objetivos 20/20/20 que fijan la contribución de las energías renovables, las mejoras en eficiencia y la reducción de emisiones para el año 2020. Actualmente, estas medidas se enfrentan a la crisis económica mundial junto con los resultados insatisfactorios de la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, COP15, celebrada en Copenhague y la incertidumbre sobre la siguiente reunión en Cancún.

Dentro del marco de la UE se han puesto en marcha distintos instrumentos y actuaciones para lograr los objetivos citados impulsando la innovación

y la competitividad empresarial. Entre otros, el 7º Programa Marco, las Plataformas Tecnológicas Europeas, las Iniciativas Tecnológicas Conjuntas, (JTI, Joint Technology Initiatives), el programa Energía Inteligente, el Plan Estratégico de Tecnologías Energéticas, (SET Plan), con sus nuevos instrumentos como la Alianza Europea de Investigación sobre Energía, EERA (European Energy Research Alliance, y las Iniciativas Industriales Europeas, (EII, European Industrial Initiatives), la Alianza Europea de Investigación sobre Energía, EERA, o las Comunidades del Conocimiento creadas por el Instituto Europeo de Innovación y Tecnología, (KICs, EIT). Las estrategias actuales contemplan una visión a largo plazo en el horizonte 2020, donde deben enmarcarse las decisiones políticas que permitan configurar ese futuro unido a las inversiones necesarias que permitan aprovechar mejor las oportunidades que aparecen.

Cada País debe diseñar sus propios programas de I+D+i y tomar las medidas adecuadas para participar en los proyectos comunes, establecer cómo se van a llevar a cabo, realizar la evaluación de los resultados y el proceso de difusión y comunicación a los ciudadanos. Además habría que considerar en cada caso su influencia sobre el sistema nacional de innovación, la priorización de los objetivos sectoriales en I+D, el peso de la energía en los objetivos políticos y la necesidad de aumentar las inversiones necesarias.

Ante esta situación es preciso generar información y conocimientos para que puedan servir de ayuda a los responsables en la toma de decisiones. Frente a la incertidumbre que caracteriza el futuro, herramientas como la vigilancia, la prospectiva o desarrollo de modelos y escenarios energéticos, ayudan en la

búsqueda de soluciones que permitan desarrollar un sistema energético bajo en carbono. Estas herramientas, contempladas entre las actividades de energía dentro del 7 PM, se utilizan para poder evaluar comparativamente distintas tecnologías en función de la situación nacional y las capacidades existentes. Los ejercicios de prospectiva movilizan a grupos de expertos para analizar la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad debatiendo sobre el futuro y como construirlo. De esta forma, se pueden identificar cuáles son las tecnologías que deben ser consideradas como críticas combinando la visión a largo plazo con sus implicaciones actuales como información para poder diseñar las actuaciones necesarias, para convertir amenazas posibles en oportunidades.

Los resultados de este estudio de prospectiva en energías renovables han permitido identificar un conjunto de tecnologías que deben ser consideradas como objetivos a conseguir para consolidar una posición competitiva en el sector. Este análisis se ha realizado teniendo en cuenta cuales son las capacidades y los conocimientos de que se dispone en función del impacto que tendrán las tecnologías dentro de su horizonte temporal de desarrollo detectando los posibles obstáculos que pueden aparecer.

Madrid, junio 2011



2. Las Energías Renovables

Las proyecciones sobre la evolución del consumo de energía en el mundo, resultado de modelos basados en distintas aproximaciones metodológicas y en los datos disponibles, señalan que actualmente existen los recursos de energía primaria necesarios para cubrir el crecimiento esperado de la demanda. Sin embargo, aparecen riesgos que pueden afectar al suministro por las dificultades para poder explotarlos por los mayores costes de extracción, la necesidad de construir nuevas infraestructuras para la distribución y las incertidumbres derivadas de la situación geopolítica internacional. Junto a los recursos, el modelo actual de producción y consumo de energía causa efectos no deseados sobre el medio ambiente por las emisiones que se producen, contribuyendo al cambio climático por lo que es necesario un nuevo modelo de sistema energético. Esto implica la necesidad de poner en marcha nuevas acciones para poder asegurar el acceso a la energía, evitando así la competencia por el acceso a los recursos, y buscar soluciones a las barreras que inciden sobre el funcionamiento del mercado energético.

Las energías renovables tendrán un papel preponderante en el camino para diseñar un nuevo sistema energético más sostenible dado su potencial para poder cubrir la demanda esperada. Para conseguirlo se requieren compromisos firmes de apoyo por parte de los gobiernos que impulsen los avances tecnológicos necesarios y conseguir que sean más competitivas con las soluciones existentes.

2.1. Escenario energético internacional

El *World Energy Outlook, WEO*⁽¹⁾, publicado anualmente por Agencia Internacional de la Energía, presenta distintos escenarios para analizar la posible evolución de los mercados energéticos en el horizonte del 2035. La edición más reciente, WEO 2010, señala un futuro energético marcado por los impactos de la crisis económica junto con los planes para la recuperación y las actuaciones políticas de los Gobiernos para cumplir los compromisos contraídos sobre reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El escenario central del estudio, "Nuevas Políticas," implica que los gobiernos han puesto en marcha los planes y las políticas energéticas anunciados, incluyendo medidas como la eliminación de las ayudas a los combustibles fósiles. Estas políticas van entrando en vigor progresivamente dado el carácter no vinculante de los acuerdos y están sujetas a incertidumbres respecto a cómo se aplicarán las medidas concretas. En este escenario la demanda de energía primaria crecerá un 36% entre 2008 y 2035 alcanzando 12.300 Mtep, una tasa media del 1,2% anual, algo inferior al crecimiento previsto en el análisis anterior de un 2% en el periodo del 2007 al 2030, aunque en este caso referido al escenario de referencia sin cambios en las políticas ya existentes. Este crecimiento de la demanda de energía se producirá en los países que no forman parte actualmente de la OECD que serán responsables del 93% del aumento proyectado, sobre todo China e India. Respecto a los recursos primarios, los combustibles fósiles, carbón gas y petróleo, seguirán siendo las fuentes que se utilizarán para cubrir el 50% de este aumento.

⁽¹⁾World Energy Outlook: <http://www.worldenergyoutlook.org/>

Las energías renovables aumentarán su peso en el sistema energético, su uso en la generación de energía se multiplicará por un factor tres entre 2008 y 2035. A pesar de ello, y de las medidas anunciadas por los gobiernos sobre eficiencia y ahorro, la demanda estimada de combustibles fósiles hará crecer las emisiones de CO₂ desde los 29 Gt en 2008 a 34 Gt en 2020 y los 35 Gt en 2035. Este aumento se producirá por los obstáculos que se oponen a la entrada en el mercado de las tecnologías necesarias para poder conseguir las reducciones anunciadas y al crecimiento de la demanda energética de los países fuera de la OECD que supondrá el 21% del aumento en las emisiones en 2035 respecto a 2008.

Las conclusiones del Intergovernmental Panel on Climate Change⁽²⁾, IPCC, sobre las causas y consecuencias del aumento del CO₂ en la atmósfera, señalan la necesidad de estabilizar las emisiones para evitar que la temperatura suba más de 2 °C lo que causaría cambios irreversibles en el clima. Para evitarlo, la concentración de gases de efecto invernadero no debe superar las 450 partes por millón, lo que supone un esfuerzo muy importante para todos los países. En el escenario citado de "Nuevas Políticas", la demanda de energía esperada supondría un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero de 650 ppm lo que equivaldría a un aumento de 3,5 °C en la temperatura de la Tierra.

Respecto a los recursos, el volumen de las reservas conocidas se considera suficiente para poder cubrir el aumento esperado de la demanda pero, aunque no vaya a faltar energía a corto plazo, no es posible garantizar que la producción de hidrocarburos, petróleo y gas, pueda seguir creciendo

indefinidamente para poder cubrir todas las necesidades. Esta situación hace urgente establecer estrategias para diversificar la producción de energía utilizando todas las fuentes disponibles para poder asegurar el suministro adecuado. Es preciso moderar la demanda aumentando la eficiencia en la utilización de la energía en todos los sectores, industrial, residencial y transporte. El impulso a la I+D+i es la herramienta básica para crear nuevas capacidades y utilizar el conocimiento generado que supongan oportunidades de actuación innovadoras a lo largo de todas las etapas y tecnologías del sistema. Finalmente, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero requiere la creación de un entorno de mercado y un marco regulatorio adecuado donde se establezca un precio para el CO₂ y puedan desarrollarse nuevas tecnologías en condiciones favorables. Estos retos no pueden ser resueltos únicamente en el ámbito nacional y deben ser afrontados también en el ámbito internacional ya que el funcionamiento de los mercados energéticos se enfrentan a numerosas incertidumbres ligadas a la inestabilidad geopolítica de las regiones donde se concentran los recursos primarios que inciden sobre la seguridad en los accesos y la explotación, afectando la operación de las infraestructuras de suministro y su funcionamiento.

Esta situación requiere desarrollar un nuevo sistema energético basado en tecnologías capaces de generar la energía necesaria para cubrir la demanda esperada de manera más limpia que las actuales y proporcionar los servicios necesarios a todos los usuarios que les permitan mejorar su calidad de vida. Además es preciso un cambio de paradigma

⁽²⁾<http://www.ipcc.ch/>

socio-económico para que la población en su conjunto modifique sus hábitos actuales de consumo energético mediante el ahorro y los objetivos de crecimiento no sostenible

Un ejemplo de la magnitud del esfuerzo que es necesario acometer para conseguirlo este objetivo se puede ver en un artículo publicado en el año 2004⁽³⁾, en el que sus autores proponen como objetivo mantener en el 2050 el mismo nivel de emisiones globales que el que existe actualmente, 375 ppm. Este valor de estabilización, supondría emitir 7 Gt anuales de CO₂ en esa fecha, un nivel igual a los valores actuales. Para conseguirlo, analizan la capacidad de distintas opciones tecnológicas actualmente existentes, para contribuir con un 1 Gt CO₂ a la reducción anualmente. En el caso de la energía eólica supondría construir 2 millones de turbinas de 1 MW, 50 veces la capacidad actual, ocupando 30x10⁶ ha en tierra o en el mar. Para la energía solar fotovoltaica habría que añadir 2.000 GWp, 700 veces la capacidad actual, lo que requiere ocupar una superficie de 2x10⁶ ha.

2.2. Potencial de las energías renovables

La Unión Europea tiene el objetivo de producir el 20% de su energía con fuentes renovables en 2020 mediante una serie de compromisos asumidos por los distintos países para lograrlo. A finales de 2009 la UE se comprometió a reducir sus emisiones en un 80 -95% respecto a los valores de 1990 siguiendo así las recomendaciones del IPCC. Surge así la necesidad de analizar si será posible cumplir estos objetivos en función de las tecnologías disponibles, su grado de desarrollo y las medidas que sería necesario poner en marcha.

Las previsiones del escenario de Nuevas Políticas del WEO 2010, citado anteriormente, consideran que la utilización de las energías renovables para generación se triplicará, pasando del 19% en 2008 a casi un tercio en el 2035 al final del periodo estudiado, igualando al uso del carbón. La hidroeléctrica seguirá siendo la más utilizada en este intervalo temporal, seguida de la eólica y de la fotovoltaica que crecerá hasta alcanzar el 2% en 2035. Instalar la capacidad necesaria requerirá inversiones por valor de 5.7 x 10¹² \$, en dólares de 2009.

Sobre el potencial de las energías renovables para poder alcanzar los objetivos de la UE, análisis como la hoja de ruta, "*Renewable Energy Technology Roadmap-20% by 2020*⁽⁴⁾" publicada en noviembre 2008 por el Consejo Europeo de Energías Renovables, EREC, muestran cómo sería posible conseguir un 20% del consumo energético en 2020 en base a un escenario de crecimiento para las diferentes tecnologías renovables. Según señalan sus resultados, la industria se considera capaz de producir entre el 33% y el 40% de la electricidad que consuma Europa en esa fecha, en función de los avances logrados en eficiencia energética, junto con el 25% de la producción de calor y el 10% en biocarburantes.

⁽³⁾Pacala y Socolow (2004)

⁽⁴⁾http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/Renewable_Energy_Technology_Roadmap.pdf

En abril de 2010 se publicó el *“Roadmap 2050”*⁽⁵⁾ elaborado por European Climate Foundation, donde se analizan diferentes alternativas tecnológicas para conseguir la descarbonización del sistema energético en Europa reduciendo las emisiones al menos en un 80% mediante las energías renovables. Presenta distintos escenarios, con objetivos de reducción del 40%, 60% y 80%, en los que las renovables se complementan con la energía nuclear de fisión y la combustión de carbón incorporando tecnologías para captura y secuestro de CO₂. De acuerdo con sus resultados se considera posible tecnológicamente conseguirlo y, además, los costes de la electricidad en 2050 no serían más altos que si solo se utilizasen combustible fósiles. Este estudio incluye además un escenario 100% renovable en el que sería necesario utilizar la energía solar del norte de África y una mayor contribución de la geotérmica. La viabilidad tecnológica se basa en el diseño de las infraestructuras necesarias y los costes serían algo más elevados aunque las proyecciones están sujetas a numerosas incertidumbres. Esta visión de futuro implica realizar inversiones acumuladas por un total de 2.800x10⁹ € en 2050, que se compensarían con el ahorro de 3.8x10¹² € que supondría evitar las emisiones de CO₂ con los precios actuales del mercado.

También se analiza el papel futuro de las renovables para cubrir la demanda total de electricidad mediante distintos escenarios de penetración en el informe *“100% Renewable Electricity-A roadmap to 2050 for Europe and North Africa”* de PricewaterhouseCoopers⁽⁶⁾, junto con ECF, Potsdam Institute for Climate Impact

Research, PIK, y el International Institute for Applied System Analysis, IIASA. Estos escenarios evalúan la viabilidad de una generación totalmente renovable mediante redes de transporte de electricidad transnacionales, desarrollando un mercado Europeo único interconectado con un mercado equivalente en el Norte de África. Como en el estudio citado de ECF, este análisis económico muestra que los costes para transformar el sistema energético serían aceptables y a su rentabilidad a largo plazo se añadiría el impulso para el desarrollo regional que contribuiría a la seguridad de suministro y la sostenibilidad.

“Rethinking 2050”⁽⁷⁾, elaborado por el European Renewable Energy Council, EREC, presenta un escenario ambicioso en el que las renovables cubrirían el 100% de la demanda de electricidad en 2050 y también las necesidades de calor, refrigeración y combustibles para el transporte. Incluye, como en los escenarios anteriores, compromisos de ahorro energético para reducir el consumo un 30% sobre las tendencias actuales para el 2050. La capacidad de generación eléctrica renovable aumentaría en un 14% entre 2007 y 2020 anualmente, con un crecimiento más rápido a partir de esa fecha. Entre 2020 y 2030 la electricidad geotérmica crecería en capacidad instalada un 44% seguida de las energías marinas con 24%, la termo solar con 19%, la fotovoltaica aumentaría un 16%, la eólica en un 6%, hidroeléctrica y biomasa en un 2%. De acuerdo con los resultados del estudio la capacidad total de energías renovables en 2030 sería de 965,2 GW que crecería en un 46% entre 2020 y 2030 al ritmo del

⁽⁵⁾<http://www.roadmap2050.eu/downloads.html>

⁽⁶⁾http://www.pwc.co.uk/eng/publications/100_percent_renewable_electricity.html

⁽⁷⁾<http://www.rethinking2050.eu/>

8,5% para conseguir 2.000 GW de capacidad instalada en 2050. Según EREC las tecnologías necesarias están ya disponibles y solo se requiere poner en marcha las políticas necesarias para conseguirlo.

Algunos países han realizado también este tipo de análisis para evaluar el potencial de las fuentes renovables de que disponen. *“Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen”*, Suministro Eléctrico 100% Renovable en 2050, es un estudio realizado por Federal Environment Agency, UBA, en el que demuestra que es posible lograr en Alemania un sistema de suministro de electricidad totalmente basado en energías renovables en esa fecha si se cuenta con los apoyos políticos necesarios. Diseña tres alternativas posibles a partir de un escenario central en el que las diferentes regiones alemanas aportan el potencial renovable de que disponen para integrarlo en una única red de suministro nacional. La seguridad de suministro se garantiza en función de las diferentes tecnologías renovables, el almacenamiento y la gestión de la potencia que permitirían compensar las posibles fluctuaciones en todo momento.

“Pathways towards a 100 % renewable electricity system” publicado por el German Advisory Council on the Environment (SRU)⁽⁸⁾ diseña escenarios alternativos para la descarbonización de la generación eléctrica basados en energía eólica, solar, biomasa y geotérmica junto con el uso de la hidráulica y de las tecnologías de almacenamiento. Estos escenarios analizan el porcentaje de autoabastecimiento que se podría conseguir en Alemania, los posibles intercambios con Dinamarca y Noruega y las interconexiones necesarias con otros países europeos o las posibilidades de las

redes futuras con el Norte de África. En los análisis se utilizan tecnologías disponibles para las que se puede hacer una estimación de costes futuros lo que permite presentar varias alternativas para poder alcanzar el suministro eléctrico totalmente renovable suponiendo distintas condiciones.

Se han realizado estudios similares en el contexto energético mundial, como *“Energy Report”*⁽⁹⁾ publicado por World Wildlife Fund, WWF, y Ecofys a principios de 2011 donde se analiza la posibilidad de conseguir cubrir la demanda mundial de energía con un 95% de renovables en el horizonte del año 2050. Diseña un escenario de ahorro y eficiencia como primer paso hacia un sistema en el que los combustibles fósiles son reemplazados por las renovables, utilizando tecnologías actualmente disponibles y resaltando su viabilidad económica. Hace hincapié en el uso de la biomasa y los biocarburantes que en el horizonte del estudio cubrirán el 40% de la demanda energética, junto con el 14% de la fotovoltaica, eólica y solar de concentración producirán un 12% cada una, un 6% para hidráulica, también 6% para la geotérmica y 5 % solar para usos térmicos. El resto considerado como una aportación marginal se cubriría con energías marinas. Sin embargo concluye que un 5% del suministro para el sector industrial deberá seguir siendo de origen no renovable.

El análisis más reciente es *“Providing all global energy with wind, water, and solar power”*,⁽¹⁰⁾ en el que se afirma la viabilidad tecnológica y económica de las renovables para alcanzar cubrir el 100% de la energía mundial. En este caso se presenta un escenario basado en la electrificación del suministro energético en todos los sectores, incluyendo el del transporte mediante la

⁽⁸⁾http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/EN/02_Special_Reports/2011_01__Pathways_Chapter10_ProvisionalTranslation.pdf?__blob=publicationFile

⁽⁹⁾http://assets.panda.org/downloads/101223_energy_report_final_print_2.pdf

⁽¹⁰⁾Jacobson y Delucchi (2011)

utilización de vehículos eléctricos o propulsados con hidrógeno obtenido a partir de la electrolisis. En este escenario la electricidad se generaría en un 50% por turbinas eólicas, 20% fotovoltaica, incluyendo plantas solares y módulos instalados en edificios, el 20% a partir de la solar termoeléctrica, 4% hidráulica, 4% geotérmica y 2% de energía marina. Este artículo analiza las tecnologías disponibles, su estado de desarrollo, las posibles localizaciones geográficas para los emplazamientos y tiene en cuenta posibles riesgos que puedan aparecer para evaluar los costes de generación de cada una de las alternativas posibles.

Como se puede ver todos estos estudios, a los que se unen los realizados por distintas instituciones para sectores determinados como el eólico o el fotovoltaico, presentan escenarios tecnológicamente viables en los que se demuestra el potencial de las energías renovables para cubrir las tendencias esperadas en la demanda. Están basados en diferentes aproximaciones sobre los avances tecnológicos, las tendencias de crecimiento en función de la evolución de la capacidad instalada durante los últimos años y las diferentes políticas de apoyo que deben ponerse en marcha para impulsar la competitividad, económica y tecnológica, particularmente la necesidad de impulsar la I+D+i como motor fundamental para el desarrollo económico y social.

Industria. Innovación

El sector de las energías renovables aumenta continuamente su impacto sobre los mercados energéticos, a pesar de la actual situación de crisis económica y de sus repercusiones en la reducción de los distintos mecanismos de apoyo que se han producido en muchos países. Las estadísticas publicadas para 2009⁽¹¹⁾, indican que la capacidad total instalada en todo el mundo ha sido de 1.247 GW equivalentes a entre 3940 y 4070 TWh/año en potencia de generación. Según estos datos, la capacidad y la generación eléctrica están dominadas por la hidráulica, con 997 GW instalados a finales de 2009, 31.0 GW nuevos, lo que supone 3298,7 TWh/año seguida por la eólica con una capacidad de 159.4 GW y una producción de 324.0 TWh/año.

En el marco de la Unión Europea, la industria, la economía y el bienestar social están ligados a disponer de un suministro de energía seguro, sostenible y accesible. Las emisiones ligadas a los usos energéticos suponen el 80% del total de los gases de efecto invernadero emitidos por lo que es preciso un cambio de modelo energético que cumpla con los objetivos de reducir las emisiones en un 20%, aumentar la participación de las renovables en un 20% y aumentar la eficiencia en un 20% para el año 2020 mediante las inversiones y actuaciones necesarias. La participación de las energías renovables, incluyendo la hidráulica, en el consumo total de energía en la UE de los 27 se ha multiplicado casi por un factor dos entre 1999 y 2009, creciendo del 5% al 9%, según datos publicados por Eurostat⁽¹²⁾. A pesar de este aumento, el petróleo sigue siendo la principal fuente de suministro utilizada aunque ha reducido su participación del 39% al 37%, el gas creció

⁽¹¹⁾<http://www.renewableenergyfocus.com/view/14432/renewable-power-generation-a-status-report/>

⁽¹²⁾<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>

del 22% al 24%, la energía nuclear se ha mantenido estable en un 14% y el uso del carbón ha bajado del 18 al 16%.

En el caso de España, estos datos señalan que las renovables, representaron el 9,3% del consumo global de energía en el 2009 frente al 5,1% diez años atrás, La fuente de mayor crecimiento en este periodo ha sido el gas que alcanzó el 24% frente al 11,3% anterior y han descendido el resto de las fuentes, el petróleo del 53,5% al 48,4%, los combustibles fósiles del 14,6% al 8,1% y la nuclear que ha pasado del 12,9% al 10,5%. Actualmente el 45% de la generación eléctrica procede de fuentes bajas en carbono, sobre todo energía hidroeléctrica y nuclear la participación de las energías renovables en el sistema crece continuamente, alcanzado el 10% del consumo final de energía en 2008 Durante el 2009 un 62% de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada correspondió a las renovables, sobre todo eólica y fotovoltaica.

A pesar de estos datos favorables de crecimiento aparecen algunos indicadores menos optimistas. *"Renewable Energy Country Attractiveness Indices"*⁽¹³⁾ analiza el mercado de las energías renovables en 30 países en función del atractivo que suponen para el desarrollo de las diferentes tecnologías. En su edición más reciente señala como ha continuado el ritmo de crecimiento de las inversiones en renovables a pesar de la crisis financiera mundial que afecta a determinados países y tecnologías. El país con mejores oportunidades para invertir en renovables es China que en 2010 aumentó su potencia instalada en 16.5 GW, un aumento del 84%, alcanzando 42 GW

mientras que el siguiente ha sido Estados Unidos con 5.1 GW instalados. Otros países como Turquía, Brasil o Egipto han mejorado su posición global reflejando el desarrollo alcanzado.

En Europa los ajustes presupuestarios y los problemas del mercado fotovoltaico han causado modificaciones en los diferentes mecanismos de apoyo a las renovables, como los recortes producidos en nuestro país o la suspensión de la obligación cautelar de comprar electricidad fotovoltaica en Francia. A pesar de estas reducciones, en Alemania se instalaron 7 GW solares y en Italia 4 GW durante el pasado 2010. España conserva un octavo lugar respecto a la evaluación global en todas las renovables por detrás de Alemania, Reino Unido, Italia y Francia.

El número de patentes concedidas en un área tecnológica se considera un indicador de la capacidad actividad inventiva para desarrollar nuevos productos y una medida de la eficacia de las inversiones en I+D respecto a la innovación. *"Clean Energy Patent Growth Index"*, CEPG⁽¹⁴⁾, recoge las tendencias en el sector de las energías limpias desde 2002. En el último cuatrimestre de 2010 este índice otorgaba a Estados Unidos 495 patentes, el valor más alto desde el inicio de esta publicación, 88 en tecnologías solares y 71 en el sector eólico. Por detrás aparece Japón, Corea y Alemania.

⁽¹³⁾http://www.ey.com/GL/en/Industries/Oil---Gas/Oil_Gas_Renewable_Energy_Attractiveness-Indices

⁽¹⁴⁾http://cepgi.typepad.com/heslin_rothenberg_farley/

Empleo

Las energías renovables tienen una gran capacidad de generación de empleo a lo largo de las distintas fases ligadas a la construcción de las plantas, la operación y el mantenimiento de las instalaciones que ha continuado creciendo durante el pasado año a pesar de del impacto de la recesión económica mundial sobre los nuevos proyectos y las inversiones.

Renewables 2010 Global Status Report⁽¹⁵⁾ estima que el trabajo asociado a las industrias renovables en todo el mundo supera los 3.000.000 empleos en 2009, señalando su aumento en los países en desarrollo a pesar de que son las economías más desarrolladas las que lideran los desarrollos tecnológicos. Los países con mayor número de nuevos empleos son China y Brasil en la industria solar de baja temperatura y los biocombustibles, asociados a la instalación, operación y mantenimiento con una tendencia continuada a seguir creciendo en función del mayor desarrollo del mercado. Los datos están basados en diferentes fuentes recogiendo información sobre industrias específicas en cada país y en entrevistas realizadas a expertos del sector. Esto hace que existan incertidumbres sobre su exactitud ligadas a las distintas metodologías utilizadas en la recopilación y la distinción entre empleos directos e indirectos. Con estas limitaciones, el estudio hace algunas estimaciones sobre el número de empleos directos que pueden asociarse con tecnologías específicas. Por ejemplo, la industria eólica en instalaciones en tierra genera empleos para 15 personas año por cada MW instalado, ligados a las tareas de construcción y fabricación, mientras que crearía 0,4 en operación y mantenimiento. La solar fotovoltaica emplea

a 38 personas anualmente por cada MW producido y 0,4 por cada MW instalado.

El informe *Clean Tech Jobs Trends 2010*⁽¹⁶⁾, donde se engloba bajo el concepto de energías limpias a las renovables, almacenamiento, redes inteligentes y vehículos eléctricos para transporte por carretera y ferrocarril, afirma que estas tecnologías limpias crean en los Estados Unidos dos veces más empleo por unidad de energía producida y por dólar invertido que las tecnologías de generación basadas en los combustibles fósiles. Los sectores más activos en creación empleo son el solar, biocombustibles y biomateriales, redes inteligentes, eficiencia energética, eólica y los vehículos avanzados. Las compañías con mayor número de empleos en 2009 tienen su sede en China, donde residen seis de las 10 primeras, seguidas por Estados Unidos con dos, Dinamarca y España con una empresa cada una.

Políticas

La política en energías renovables de la UE se desarrolla a partir de 1997 con la publicación del Libro Blanco para impulsar la descarbonización del sector energético y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. A finales de 2010 esta política puede considerarse ampliamente consolidada mediante numerosos Comunicaciones y Directivas con implicaciones en otros sectores y con amplia repercusión en las opiniones de la población. En 2007 el Plan de Acción del Consejo Europeo 2007-2009 realiza un análisis estratégico de los avances conseguidos y fija una serie de actuaciones mediante la adopción de medidas legislativas y el denominado paquete 20/20/20. Como consecuencia los Estados Miembros deben transponer y desarrollar

⁽¹⁵⁾http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf

⁽¹⁶⁾<http://www.cleantech.com/reports/reports-jobtrends2010.php>

la legislación requerida en áreas como las energías renovables o la creación del mercado interior de la energía. Entre las diversas medidas legislativas que se deben poner en marcha, la Directiva de Energías renovables, 2009/28/EC, fija los objetivos en generación eléctrica, del 21% en 2010, y el 5,75% en el sector del transporte. Establece un marco regulatorio para su desarrollo introduciendo medidas obligatorias para conseguir estos objetivos mediante la adopción de los Planes de Actuación Nacionales presentados en junio de 2010, en nuestro caso para conseguir pasar del 8,7% en 2005 al 25% en 2020, junto con la elaboración de informes de progreso cada dos años describiendo las actuaciones realizadas y los avances conseguidos.

Sin embargo los análisis sobre el grado de cumplimiento de los objetivos fijados han detectado la necesidad de iniciar actuaciones para recuperar una posición de liderazgo y conseguir que la UE tenga un papel en los mercados energéticos internacionales más acorde con su peso económico por lo que se necesita un plan de acción en energía. A finales de 2010 se publicó la Comunicación *“Energy 2020-A strategy for competitive, sustainable and secure energy”*⁽¹⁷⁾ donde se analiza la política energética actual de los países miembros y las actuaciones que serían necesarias para consolidar el mercado interior de la energía, diseñando trayectorias basadas en los avances tecnológicos para ir hacia un sistema energético bajo en carbono, la protección de los consumidores y reforzar la dimensión externa de la política energética de la UE. Entre estas acciones, se citan la necesidad de una política Europea de seguridad de suministro y el desarrollo de las infraestructuras energéticas que habría que diseñar, junto con políticas para el desarrollo de las energías renovables, su integración en la red y la

investigación en nuevas tecnologías que deberían ser coordinadas a nivel Europeo para mejorar su eficiencia. Como apoyo al desarrollo de esta estrategia se han publicado recientemente la Comunicación sobre las prioridades para el desarrollo de las infraestructuras energéticas, el Plan de Acción de eficiencia energética y antes del próximo verano se publicará la hoja de ruta para un sistema energético bajo en carbono en 2050 y la Comunicación sobre política energética exterior.

Es preciso resaltar la preocupación de la Comisión por consolidar una industria renovable Europea mediante el diseño de políticas y planes que permitan crear mecanismos de cooperación entre los países evitando la fragmentación de actuaciones existente. El Libro Verde *“Del reto a la oportunidad: hacia un marco estratégico común para la financiación de la investigación y la innovación por la Unión Europea”*⁽¹⁸⁾ será el punto de partida para aprovechar mejor las inversiones en I+D y conseguir que se transformen en nuevos empleos y crecimiento económico.

2.3. Situación en España

La estructura de generación nacional, el mix energético, entre 1945 y 2000 ha estado dominado por la energía hidráulica, las tecnologías de combustión convencionales y la energía nuclear. A partir de esa fecha se produce la entrada de las energías renovables en el sistema. Según las estimaciones iniciales de UNESA⁽¹⁹⁾, el consumo total de electricidad durante 2010 ha sido de 260.696 millones de kWh. La producción de electricidad creció en un 3,1% hasta los 306.444 GWh, con un saldo exportador de 8.490 millones de kWh. Las condiciones meteorológicas favorables hicieron que la producción hidráulica creciese

⁽¹⁹⁾<http://www.unesa.es/documentos/avance2010.pdf>

en un 59,3%, también aumentó la nuclear en un 17,4%, mientras que el carbón y el gas descendieron en el 30,7% y el 10,3%, respectivamente. Las instalaciones renovables y de residuos, industriales y sólidos urbanos, produjeron 62.932 GWh, lo que supone un aumento del 13,4% sobre el año anterior. La estructura de producción por tipo de combustible ha sido del 30,8% gas, seguida de renovables y nuclear con 29,2% cada una de ellas, la hidráulica con 14,4%, carbón 8,5% y las redes de transporte el resto, 5,9%; procedente de productos petrolíferos.

Bajo el régimen especial se produjeron 102.191 GWh, de los que el 61,6% corresponde a renovables y el resto de las instalaciones de cogeneración. Respecto a la estructura de generación eléctrica, la mayor parte procede de la eólica con 41,9%, seguida de la solar con 6,9%, la hidroeléctrica 5,9% y la biomasa con 3,3%, el 3,5% restante se generó a partir de los residuos industriales y sólidos urbanos.

La planificación energética en nuestro país tiene un carácter indicativo, es decir no fija límites para la instalaciones de generación sujetas a la correspondiente autorización administrativa, y cita con carácter vinculante las instalaciones de transporte de energía recogidas en el documento de Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016, aprobado en 2008 y actualmente vigente. Esta Planificación incluye algunas previsiones sobre cuál podría ser la evolución de la demanda, proyecciones basadas en un consumo de energía primaria que crecerá con una tasa media anual del 1,4% entre 2006 y 2016, hasta alcanzar un total de 165 Mtep. Se espera conseguir una reducción en la intensidad energética primaria

en España continuando así la tendencia de reducción iniciada en 2005. Respecto a la estructura del abastecimiento contempla el aumento de las energías renovables y el gas natural, descendiendo el carbón y el petróleo. El Plan de Energías Renovables 2005-2010 indicaba en sus previsiones que las renovables supondrían el 12,1% del consumo de energía primaria en 2010 y el 30,1% del consumo eléctrico, junto con el 5,83% de biocarburantes sobre gasolina y petróleo en sector del transporte.

El Plan de Acción Nacional de Energías Renovables⁽²⁰⁾, PANER 2011-2020, asume los compromisos de la Directiva 2009/28/CE y se considera una hoja de ruta para conseguir sus objetivos. Describe dos escenarios para el consumo energético, uno considerado de referencia y otro de eficiencia energética, pero con las mismas variables socio-económicas, demografía y evolución del PIB: En el de referencia se mantiene las previsiones previstas por la estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012, E4 y el Plan de Acción 2008-2012 sin ninguna media adicional. El escenario de eficiencia incorpora además medidas adicionales con lo que se conseguiría reducir en 2020 la intensidad energética en 15,1% respecto a 2010, tres veces más que en el escenario anterior. Respecto al cumplimiento de los objetivos para las energías renovables el PANER señala una trayectoria que pasaría del 8,3% global en 2005, electricidad, transporte, calefacción y refrigeración, al 22,7% en el 2020, con objetivos intermedios del 14,8% en 2012, el 28,3% en 2016 y un 20,4% en 2018. La generación eléctrica pasaría de 26.072 MW en 2005, 53.773 GWh a los 69.844 MW y 150.030 GWh.

⁽²⁰⁾http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Documents/20100630_PANER_Espanaversion_final.pdf

“El modelo eléctrico español en 2030. Escenarios y alternativas”⁽²¹⁾ elaborado por PriceWaterhouseCoopers estima que deberán instalarse entre 3.500 y 5.00 MW anuales de nueva capacidad hasta el año 2030 para poder garantizar el suministro en las condiciones adecuadas, lo que supone inversiones entre 85.000 y 170.000 millones de euros. Diseña cuatro escenarios basados en conseguir porcentajes del 30% y el 50% de participación de las energías renovables en la cobertura de la demanda y distintas hipótesis sobre la capacidad de generación nuclear. Los escenarios contemplan un ahorro del 20% en los consumos cumpliendo con los objetivos fijados por la UE:

El Congreso aprobó a finales de 2010 la Estrategia Energética 2030⁽²²⁾ elaborado por Subcomisión de análisis de la estrategia energética española para los próximos 25, con el apoyo PSOE, CiU y Grupo Mixto, la abstención del PP y el voto en contra de IU. Este documento establece un marco para la política energética en los próximos años y el papel de las distintas fuentes de energía en la estructura de generación. Las renovables aportarán el 20,8% del consumo final de energía, porcentaje superior al 20% fijado por la Comisión Europea, aunque por debajo del 22,7% marcado inicialmente en el PANER. En esta propuesta las renovables aumentarían de los 39.499 MW en 2009 hasta 64.441 MW, un 63%. La contribución del gas natural subiría de 31.249 MW a 37.971 MW, un aumento del 21,5%, el bombeo de un 123% de 2.546 MW a 5.700 MW. La energía nuclear descendería en un 6%, de 7.716 MW a los 7.256 MW, el carbón un 32%, de 11.999 MW a 8.130 MW y los productos derivados del petróleo un 69%, de 7.612 MW a 2.308 MW.

Industria. Innovación

El desarrollo de las energías renovables en nuestro país ha sido espectacular y ha venido unido al desarrollo industrial, lo que ha permitido a las empresas españolas competir a nivel internacional. Este escenario se ha producido dentro de un contexto político formado por el Plan de Promoción de las Energías Renovables y los incentivos tarifarios basados en primas específicas por la venta de la electricidad fijados en el régimen especial.

Nuestro país ha estado considerado como uno de los más interesantes respecto a las inversiones en energías renovables, según el *“Renewable Energy Country Attractiveness indices”*, citado anteriormente. Sin embargo esta situación ha cambiado. En noviembre de 2009 España ocupaba el puesto 5, un lugar menos que en el informe anterior por el impacto de los continuos cambios legislativos. Respecto a la posición global de España en renovables, durante el 2008 ocupábamos el primer lugar entre los cinco primeros respecto a las inversiones en nueva capacidad, el segundo en potencia eólica instalada en ese año y el tercero en instalaciones fotovoltaicas conectada a la red, con 2.6 GW siendo líderes del mercado por delante de Alemania y Estados Unidos. En el informe más reciente, noviembre 2010, España aparece como uno de los países mejor situados respecto a la energía solar termoeléctrica aunque se produce un descenso en la posición global reflejando las incertidumbres asociadas a la inestabilidad jurídica existente y los posibles cambios regulatorios junto a las consecuencias de la posible retroactividad de las tarifas fotovoltaicas.

⁽²¹⁾[http://kc3.pwc.es/local/es/kc3/publicaciones.nsf/V1/3153D33191ADF036C1257759002EB202/\\$FILE/Informe%20EI%20modelo%20electrico%20espa%C3%B1ol%20en%202030_final.pdf](http://kc3.pwc.es/local/es/kc3/publicaciones.nsf/V1/3153D33191ADF036C1257759002EB202/$FILE/Informe%20EI%20modelo%20electrico%20espa%C3%B1ol%20en%202030_final.pdf)

⁽²²⁾http://www.congreso.es/public_oficiales/L9/CONG/BOCG/D/D_501.PDF

Este crecimiento de las energías renovables en nuestro país ha tenido importantes repercusiones sobre la economía y el desarrollo industrial además de su contribución a reducir nuestra dependencia energética exterior y rebajar las emisiones de CO₂. En el ámbito económico, la contribución total del sector al PIB ha sido de 8.525,6 millones de euros, el 0,81% del PIB nacional según los datos del “Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España”, elaborado por la consultora Deloitte y editado por APPA⁽²³⁾ en diciembre de 2010. De este importe 6.170,5 millones han sido generados directamente por los actores del sector y el resto inducido en otras actividades económicas. Este valor supone que el impacto inducido del sector en el PIB nacional ha crecido un 32,4% en los últimos cinco años. Sin embargo el impacto ha sido diferente para cada una de las tecnologías de acuerdo con su situación. Además la actividad industrial se ha visto afectada por la crisis económica y por la incertidumbre regulatoria actual. Las exportaciones netas del sector en 2009 ascendieron a 723,1 millones de euros, inferior a la del año anterior ligado a la disminución de la demanda por la crisis económica internacional y el mayor número de competidores en los mercados internacionales. Las tecnologías ligadas a la exportación son la eólica, y el bioetanol con un crecimiento destacado de la industria fotovoltaica.

Es importante destacar el esfuerzo realizado por el sector en I+D+i que supuso inversiones por 343,9 millones de euros en 2009, según datos de APPA (2010). Esta cantidad supone que las empresas del sector renovable dedicaron el 5,6% de su contribución al PIB en media a I+D+i, es decir superior a la media nacional que fue del 1,35 en 2008.

⁽²³⁾ APPA (2010)

⁽²⁴⁾ <http://istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=8314>

⁽²⁵⁾ http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2136

Empleo

El citado estudio APPA (2010) señala que durante el año 2009 el sector empleó de forma directa a 59.303 profesionales y generó empleo para 40.547 personas en otros sectores de actividad de forma inducida. Datos comparables aparecen en el “Estudio sobre el empleo asociado al impulso de las energías renovables en España 2010”, publicado por el Instituto de Trabajo, Ambiente y Salud, ISTAS⁽²⁴⁾ y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, señalan que el sector de las energías limpias generó un total de 70.152 empleos directos y 45.570 indirectos, es decir un total de 115.722, a pesar de la crisis económica. La tecnología eólica ha sido la de mayor creación de nuevos empleos, 30.651, la solar fotovoltaica 19.552 y la solar térmica 6.757, lo que supone el 80% de los empleos fijos, con un porcentaje similar en los indirectos. Los responsables del estudio consideran que estos datos deben tomarse como un valor mínimo debido a la dificultad de contabilizar adecuadamente los empleos indirectos referidos a equipamientos industriales, formación especializada o I+D en cada una de las tecnologías.

Políticas

La política energética española ha cambiado considerablemente en los últimos años. El análisis “Energy Policies of IEA Countries-Spain”⁽²⁵⁾ publicado por la Agencia Internacional de la Energía en 2009 resalta los avances conseguidos desde 2005 revisando los retos futuros y estableciendo diversas recomendaciones. Respecto a las energías renovables el informe destaca el

ejemplo del desarrollo eólico, España era el tercer país en capacidad instalada en la fecha de la publicación. Como recomendaciones específicas aconseja reforzar las políticas de apoyo a las energías renovables y la necesidad de aumentar las inversiones en I+D para conseguir el desarrollo de los desarrollos tecnológicos necesarios.

El Plan de Energías Renovables 2005-2010, PER; fijaba una serie de objetivos para cada una de las distintas tecnologías cuyo desarrollo fue apoyado por Real Decreto 661/2007, en el que se regulaba la producción de energía eléctrica en régimen especial. En este decreto se fija un modelo retributivo al establecer una tarifa única para la electricidad vertida a la red en función del precio de mercado, más una prima en el caso de las renovables para apoyar su desarrollo. El crecimiento espectacular de la potencia fotovoltaica instalada, superando ampliamente los objetivos señalados, junto con la búsqueda de negocio en las instalaciones por algunos inversores y el importe de las primas, muy superior al previsto inicialmente, lleva al Gobierno a la publicación del Real Decreto 1578/08. Se trataba así de corregir los errores cometidos, fijando topes anuales de 5.000 MW, reduciendo la tarifa en función de la evolución de los costes de la tecnología y el tipo de instalación pero también incide sobre las inversiones y el desarrollo industrial del sector. A pesar de ello, a lo largo del 2010 la congelación de las tarifas eléctricas genera una deuda del Estado con las Compañías eléctricas, el denominado "déficit de tarifa", al que se une el importe de las subvenciones para el uso del carbón nacional y las primas a las renovables. Entre las causas de esta situación se pueden citar el cambio producido en la estructura energética nacional, con un mayor peso del

gas en instalaciones de ciclo combinado, el aumento de las renovables en la generación eléctrica y las consecuencias de la crisis económica.

El importe de esta deuda alcanza 20.000 millones de euros, de los que solo parte sería consecuencia de las primas a las renovables. A finales de 2010 dos nuevos Decretos, el RD 14/2010 establece medidas urgentes para reducir en 4.600 millones de euros el déficit tarifario, de los que el 70% provendrían del recorte de las primas a las renovables, y el 1565/2010 donde se modifican las condiciones de producción de energía del régimen especial. Este último decreto establece el importe de las nuevas tarifas para el 2011, afectando especialmente al sector fotovoltaico donde se reduce el precio en función del tamaño de la instalación, lo que ha generado una situación de inseguridad jurídica por los continuos cambios normativos y la modificación de los incentivos, a lo que se une la incertidumbre sobre la posible retroactividad en su aplicación. Las últimas iniciativas legislativas, como el Plan de Asignaciones, no han contribuido a disipar las inquietudes del sector industrial.

A principio de 2011 se ha conocido el borrador del Plan de Energías renovables 2011-2020⁽²⁶⁾, PER, que será presentado a las Cortes para su aprobación, donde se proponen nuevos escenarios energéticos y se incorporan los objetivos de la Directiva 2009/28. Este borrador fija cubrir con las energías renovables el 20,8% del consumo final en 2020, rebajando el objetivo anterior del 22,7% propuesto en el PANER 2011-2020. También modifica los objetivos concretos para cada tecnología reduciéndolos significativamente sobre los publicados anteriormente, a pesar de reconocer la competitividad y los beneficios de las renovables para la economía española.

⁽²⁶⁾http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2136

3. El Estudio de Prospectiva 2010

Los estudios de prospectiva se realizan con el objetivo de analizar las necesidades sociales y económicas planteadas por la sociedad y evaluar las soluciones existentes basadas en el desarrollo científico y tecnológico generando el conocimiento necesario para la toma de decisiones estratégicas. Esto hace que, junto con el interés por los resultados, resulte muy importante el desarrollo del proceso por las redes de intercambio que se establecen. Los participantes, provenientes de diferentes sectores profesionales, contribuyen con sus ideas a los objetivos del estudio aportando diferentes puntos de vista, visiones de futuro y perspectivas, en función de sus experiencias. Las lecciones aprendidas en la realización de este tipo de ejercicios durante los últimos años por los autores de este estudio, hacen que, mirando hacia atrás y revisando las actividades que se han desarrollado, haya que destacar dos puntos: la evolución metodológica y la necesidad de dar la máxima difusión a los resultados. Esta difusión debe ir dirigida no solo a los expertos de diferentes áreas y disciplinas sino también hacia los responsables de la toma de decisiones para que la prospectiva sea utilizada como herramienta para poder mirar hacia delante, evaluar el porvenir, identificando aquello que puede suceder, las incertidumbres existentes y sus consecuencias de manera que para poder diseñar las acciones que es preciso poner en marcha hoy y conseguir el futuro que deseamos.

3.1 Ámbito y alcance del estudio

En 1999 la Unidad de Prospectiva y Vigilancia del CIEMAT y la Fundación OPTI realizaron un primer estudio sobre tecnologías del sector de las renovables utilizando la metodología Delphi, dentro del Programa de Prospectiva Tecnológica 1998-2001. Cinco años después se evaluó cuál había sido el desarrollo de las tendencias tecnológicas en su horizonte temporal, identificando las modificaciones ocurridas desde el estudio anterior y sus posibles causas. Este proceso de revisión del estudio fue realizado mediante un panel de expertos del sector que evaluó los resultados previstos en función de los indicadores asociados a las diferentes tecnologías y su grado de cumplimiento.

Pasados ya diez años desde este estudio inicial, los cambios que se han producido en el sector, el desarrollo industrial alcanzado y la difusión de las tecnologías renovables en los mercados energéticos, aconsejan realizar un nuevo estudio de prospectiva para analizar cuáles serán las tendencias de futuro que incidirán sobre el desarrollo de energías renovables, identificando los factores emergentes, los riesgos y las oportunidades que pueden aparecer en función de las capacidades científicas y tecnológicas de que disponemos para impulsar el desarrollo de la innovación y la competitividad.

Objetivos

El estudio trata de identificar las actuaciones prioritarias para el desarrollo industrial y económico de las diferentes tecnologías renovables y su contribución al diseño de un nuevo sistema energético basado en tecnologías bajas en carbono que permita evitar el cambio climático y contribuir a mejorar nuestra competitividad económica.

Los objetivos contemplados han sido:

- Identificar en el horizonte temporal de los próximos 10-15 años la evolución de las tecnologías renovables.
- Analizar cuáles serán los impactos de estas tecnologías.
- Evaluar las capacidades existentes para abordar su desarrollo.
- Detectar los posibles obstáculos para la difusión en los mercados de las tecnologías renovables.
- Identificar áreas de I+D que deben ser objeto de actuaciones prioritarias.
- Generar conocimiento como base para elaborar estrategias de actuación y definir políticas.

Los resultados no deben considerarse como predicciones sobre el futuro más probable sino como visiones de distintos futuros posibles que deben ser utilizados en el marco de la toma de decisiones para elaborar estrategias. Los desarrollos tecnológicos y los objetivos socio-económicos que representan estos posibles futuros permiten seleccionar el más favorable mediante el diseño de las políticas de I+D+i necesarias que permitan

disponer de las capacidades científicas y tecnológicas requeridas. Se dispondrá así de un escenario estratégico basado en visiones tecnológicas junto con los caminos existentes para conseguirlo

Áreas

Las áreas tecnológicas que han sido objeto de análisis en este estudio han sido

- Redes y Gestión de la Energía.
- Eólica.
- Solar fotovoltaica.
- Solar termoeléctrica.
- Biomasa para producción de calor y electricidad.
- Biocarburantes.
- Integración de las energías renovables en la edificación.
- Geotérmica.
- Energía marina.

En este trabajo se han tratado las mismas áreas del estudio de 1999 añadiendo la energía geotérmica y marina que no fueron consideradas entonces por no estar incluidas en el Plan de Fomento de las Energías Renovables. En la primera reunión del Panel de Expertos se decidió introducir temas relacionados con las Redes de transporte y distribución de electricidad junto con la gestión de energía ya que se pueden considerar como tecnologías facilitadoras esenciales, *key enabling*

technology, para el desarrollo del resto de las áreas. Al igual que se hizo en el estudio anterior, han sido incluidos cinco temas de carácter general para identificar las grandes tendencias globales que dibujaran el escenario energético en el que se producirán los distintos desarrollos.

3.2. Metodología

La metodología elegida para este estudio de prospectiva ha sido una de las variantes de la técnica Delphi, la denominada mini-Delphi⁽²⁷⁾. Como es sabido, la técnica Delphi se basa en que la opinión de un grupo de expertos es más exacta y objetiva que la individual. Utiliza un cuestionario, anónimo, para recabar las opiniones de los participantes y la retroalimentación, enviando los resultados obtenidos a todos los que han respondido. El proceso se repite en una segunda ronda de consulta donde los consultados tienen ocasión de evaluar sus puntos de vista en función de la opinión del resto, modificar o reafirmar su postura incluyendo los comentarios que consideren oportunos.

La experiencia adquirida en los estudios anteriores de prospectiva realizados por CIEMAT-OPTI hace que se haya decidido sustituir la segunda ronda por la discusión de los resultados obtenidos en la encuesta por un Panel de Expertos. Este Panel evalúa los resultados y la convergencia en las opiniones analizando si existen o no puntos de discrepancia, elaborando las conclusiones finales.

El proceso seguido ha sido el siguiente

- Creación de un Panel de Expertos para elaborar el cuestionario.
- Selección del Panel Consultivo.
- Periodo para la recogida de las respuestas al cuestionario. Seguimiento de la participación.
- Análisis estadístico de la encuesta.
- Valoración de los resultados por el Panel.
- Elaboración del informe final.
- Publicación y difusión de los resultados del estudio.
- Seguir la evolución de los temas en su horizonte temporal.

El papel de los expertos es una herramienta fundamental para el éxito del estudio ya que permite analizar las incertidumbres asociadas a los desarrollos futuros aportando sus conocimientos para reflexionar conjuntamente sobre las tecnologías y sus posibles escenarios de desarrollo. Por ello los responsables de este estudio quieren expresar su agradecimiento a todos los expertos que han formado parte de ambos paneles, sin su ayuda no habría sido posible conseguir los objetivos que se buscan.

El equipo de trabajo se encargó previamente de buscar y analizar la información existente sobre los resultados de los diferentes estudios sobre futuros tecnológicos realizados en otros países para elaborar una selección inicial de temas que podrían ser objeto de la consulta y presentarlos al Panel de Expertos para su discusión. De acuerdo con los objetivos

⁽²⁷⁾ También conocido como ETE, Estimate –Talk-Estimate

del ejercicio, este equipo CIEMAT-OPTI ha sido responsable de diseñar la cabecera de variables que permitirá evaluar cada uno de los temas mediante el cuestionario enviado al Panel Consultivo y realizar el análisis estadístico de las opiniones emitidas por los participantes para elaborar el borrador del informe.

Panel de expertos

Para llevar a cabo este estudio de prospectiva se ha seleccionado un Panel de Expertos formado por profesionales con un amplio conocimiento sobre las energías renovables que desarrollan sus actividades en los diferentes ámbitos sectoriales. La misión de este Panel ha sido analizar y seleccionar las distintas hipótesis de futuro que serían la base para la elaboración de un cuestionario. Estas hipótesis establecían cual podría ser la evolución de las tecnologías, los resultados de aplicar nuevos conocimientos y desarrollos más innovadoras, así como los impactos de acontecimientos que pudieran influir de forma significativa sobre la evolución del sector.

Como se ha indicado anteriormente, el panel de expertos constituye, en gran parte, la clave del éxito de este ejercicio de prospectiva. Los nombres y la procedencia profesional de sus componentes están recogidos en el Apéndice 1, sin su ayuda no hubiese sido posible realizar este estudio.

En la primera reunión, celebrada el 29 de abril de 2010, el Panel valoró el listado de hipótesis previamente elaborado por el equipo de prospectiva, seleccionando la lista definitiva de temas y la cabecera de variables que formarán el cuestionario. También se elaboró una lista con los posibles expertos que formarían parte del Panel Consultivo y cuyas respuestas se recogerían mediante un

cuestionario on-line en una plataforma Web a la que tuvieron entre los meses de junio y septiembre.

Y en la segunda reunión, celebrada el 20 de octubre de 2010, el Panel de Expertos analizó los resultados cuantitativos obtenidos en la encuesta, incorporando sus opiniones y comentarios. Los expertos aportaron sus conocimientos sobre tendencias de futuro para elaborar las conclusiones finales. El borrador se envió a principios de 2011 al Panel para recoger sus comentarios y sugerencias con los que se ha elaborado el informe final.

3.3. Diseño del cuestionario

En el cuestionario se recogen las 95 hipótesis identificadas por el Panel relacionadas con las tendencias más significativas que acontecerán en el ámbito de las Energías Renovables en los próximos años. Dichas hipótesis, cruzadas con la cabecera de variables, fueron distribuidas por medio de una aplicación *Web* a una amplia población de expertos en el sector que componen el Panel Consultivo. La versión final del cuestionario y las respuestas recibidas se presentan en el Apéndice II.

De esta forma se han recogido las opiniones de un grupo de expertos del sector sobre temas que describen resultados evaluables, hipótesis, sobre desarrollos tecnológicos futuros para determinar el grado de acuerdo o las discrepancias existentes en función del conocimiento y experiencia de cada uno de ellos. La encuesta es anónima para facilitar la participación abierta y la modificación metodológica realizada sobre el Delphi tradicional permite reducir el tiempo necesario para la realización del estudio ya que en la segunda reunión del Panel de Expertos es donde se analizan los resultados, se establecen las

conclusiones y se aporta la información necesaria para elaborar el documento final.

Panel consultivo

El análisis de las opiniones de los participantes en el ejercicio de prospectiva permite construir una visión consistente y plausible sobre el futuro basada en sus conocimientos y experiencia. Cada uno de ellos tiene una formación y cultura distintas, orientada hacia la investigación, la tecnología, la industria o el mercado, por lo que es posible agrupar diferentes ideas obteniendo una opinión compartida por los actores del sector.

La selección de los participantes en la encuesta se ha realizado mediante el proceso de conominación que consiste en solicitar a los expertos que indiquen a otros actores del sector que según su opinión podían aportar información relevante para el estudio. Esta relación se completó con los que aparecían identificados por haber participado en otros estudios de prospectiva energética y que previamente habían mostrado su acuerdo en participar en los estudios que realiza CIEMAT-OPTI. Para cumplir con la Ley de Protección de Datos, se envió previamente una carta con una invitación presentando el alcance del estudio y sus objetivos rogando la participación en el estudio. Los interesados debían enviar un correo indicando su deseo de colaborar y como respuesta recibían las claves necesarias para acceder al cuestionario.

En la difusión de la encuesta se ha contado con la colaboración⁽²⁸⁾ de APPA Termoeléctricas, Biomasa, Geotérmica y Solar Termoeléctrica que distribuyeron entre sus asociados una carta invitándoles a participar en el estudio respondiendo el cuestionario. También

se difundió la noticia de la realización del estudio en el boletín electrónico Energías Renovables siguiendo el mismo procedimiento de participación.

Cabecera de Variables

La cabecera de variables solicitaba a los expertos sus opiniones sobre diferentes aspectos relacionados con los objetivos del estudio, como nivel de conocimiento, horizonte temporal, impacto, posición competitiva de España y los factores críticos, obstáculos, que existían para su implementación.

Se consigue así establecer una serie de criterios para poder clasificar los distintos temas dentro de su horizonte temporal de realización en función de la repercusión que tendría su desarrollo y de la posición, las capacidades con que se cuenta para facilitar su materialización. Las variables planteadas en el análisis han sido las siguientes.

Nivel de conocimiento

Se refiere al grado de conocimiento o experiencia que el encuestado posee sobre cada tema que debe autoevaluarse según los valores:

- Alto: significa que se considera experto o posee un conocimiento especializado sobre el tema.
- Medio-Alto: si posee un buen conocimiento pero no se llega a considerarse experto.
- Bajo-Medio: si ha leído literatura técnica relacionada con el tema pero no posee un conocimiento especializado.

⁽²⁸⁾ Agradecemos a Margarita de Gregorio de APPA y a Luís Merino de Energías Renovables su ayuda que ha contribuido al alto índice de participación alcanzado.

- Ninguno: si no posee ningún conocimiento del tema

Esta variable permite discriminar para cada una de las hipótesis del cuestionario en función de su nivel de conocimiento conforme a su propia auto evaluación.

Horizonte temporal

Se refiere al momento en que el tema propuesto se va a implantar o llevar a cabo. El horizonte temporal abarca hasta más allá del año 2025 y ha sido dividido en tramos de cinco años. También se incluyó la opción de “Nunca” para el caso en que se opine que un tema no llegará a cumplirse en ningún caso. Las opciones que se han propuesto en este estudio son las siguientes:

- Antes de 2015.
- Entre 2016-2020.
- Entre 2021-2025.
- Más allá de 2025.
- Nunca.

Impactos

Esta variable refleja en qué ámbitos tendrá efectos positivos la consecución de las diferentes hipótesis. Se propusieron cuatro:

- Sistema energético: contribución a un sistema bajo en carbono y más sostenible con la misma calidad en los servicios finales, reducción de

la dependencia exterior, seguridad energética respecto al suministro, diversificación, aumento de la competitividad económica.

- Industria y Mercado. Repercusión de la hipótesis sobre la mejora del tejido industrial nacional y el desarrollo del mercado.
- Desarrollo científico y tecnológico. Conseguir un aumento significativo de las capacidades científico-tecnológicas del sector, nivel de excelencia.
- Sociedad y calidad de vida. Relación con la mejora de las condiciones actuales. Acceso a nuevos servicios energéticos.

Posición competitiva

Con ésta variable se pretende saber cuál es la posición de España en relación con los países de la Unión Europea. Esta posición ha sido estimada atendiendo a tres criterios: capacidades científicas, tecnológicas, industria y desarrollo de mercado, innovación.

Junto con la variable anterior, la relación entre los impactos en los distintos ámbitos y la posición permite diferenciar las distintas tecnologías en función de las ventajas que supone la posición española, las capacidades existentes, y la importancia y el impacto, que el desarrollo propuesto va a tener dentro de su horizonte temporal de desarrollo. Se trata así de identificar posibles sectores prioritarios afectados por los impactos, grupos de investigación, infraestructuras o industrias existentes analizando en qué medida se dispone de los conocimientos y capacidades necesarias para abordar los desarrollos

tecnológicos requeridos, Las tecnologías se consideran críticas para poder mantener y consolidar una posición competitiva desarrollando nuestro sistema de innovación.

Obstáculos. Factores críticos.

Esta variable hace referencia a las dificultades para poder conseguir la realización del tema que se identifican en distintos ámbitos. Se pretende conocer cuáles son, en opinión de los expertos, los aspectos fundamentales en los que habrá que incidir para alcanzar la materialización de lo expuesto en cada hipótesis.

Se propusieron cuatro factores críticos:

- Conocimientos científicos-técnicos. En el caso de que se considere que el freno a la materialización de las hipótesis viene dado principalmente por los conocimientos de empresas, instituciones y profesionales.
- Costes económicos. Cuando el principal aspecto limitante para el desarrollo de la hipótesis analizada sean los aspectos relativos a financiación o aspectos económicos.
- Legislación. Normativa. Regulación. Si se entiende que la actual normativa supone un obstáculo al avance de las tendencias propuestas.
- Medidas de apoyo de las Administraciones. En el caso de que considere importante el impulso por parte de la Administración mediante proyectos estratégicos, acciones específicas o actuaciones de planificación.



4. Análisis de las respuestas recibidas

Los temas del cuestionario fueron analizados estadísticamente en función del número de respuestas recibido para cada una de las áreas del estudio.

A continuación se presentan los resultados del análisis realizado para el conjunto de los 95 temas propuestos.

4.1. Resultados globales

A partir de los temas que el Panel de Expertos consideró como más relevantes, se realizó el cuestionario que fue enviado a un total de 350 expertos y profesionales relacionados con el sector de las energías renovables; personal investigador y académico, sector industrial, consultorías, etc., siendo respondido por 162 de ellos, lo que supone un índice de respuesta del 48,5%. **Este porcentaje se considera un buen índice de respuesta ya que en este tipo de estudios el resultado esperado es alrededor del 20%.** Debe tenerse en cuenta que el alto porcentaje de respuestas responde al método seguido para la selección del panel consultivo descrito anteriormente. Este porcentaje está referido a los cuestionarios que han sido respondidos sobre el número total de expertos que manifestaron previamente su interés en participar solicitando su clave de acceso para contestar cuestionario.

Con el fin de poder realizar un análisis de las características de participación, a cada uno de los encuestados se le pidió que consignase ciertos datos personales tales como la procedencia profesional y geográfica o el área en el que desarrollan sus actividades.

Participación

Las respuestas obtenidas según la **procedencia profesional** de los expertos se representan en la figura 1. La mayor parte de las respuestas recibidas procede del sector de la industria, seguido de los centros de investigación y tecnológicos. En general, se observa un equilibrio entre los sectores que desarrollan las tecnologías y los que las utilizan en el ámbito industrial junto con una representación significativa de los diferentes sectores profesionales que participan en el desarrollo de las energías renovables.

Las contestaciones recibidas permiten evaluar la visión global de los actores del sector sobre los temas propuestos en función de la convergencia de las respuestas para poder detectar si la discrepancia en las opiniones podría depender del sector profesional al que pertenecen encuestados. Sin embargo, no se ha observado ninguna diferencia de percepción sobre los temas y las variables utilizadas en el cuestionario que pueda atribuirse a la procedencia profesional de los expertos o a su campo de actividad.

Procedencia profesional

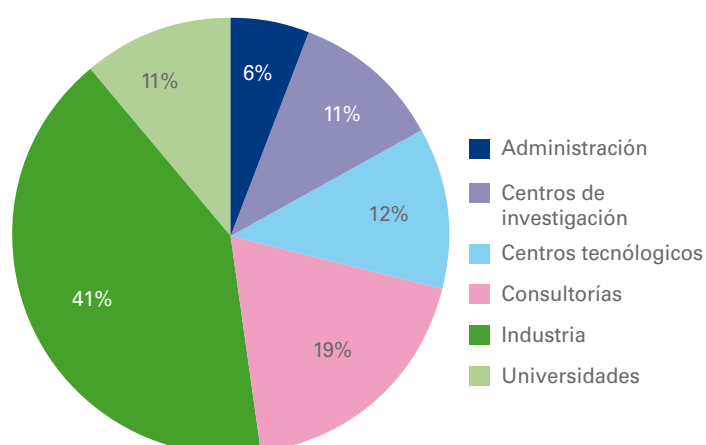


Fig. 1 Distribución por procedencia profesional

La **procedencia geográfica** de los expertos ha sido muy diversa, estando representadas casi todas las Comunidades Autónomas, aunque con un dominio notable de la Comunidad de Madrid. En el siguiente gráfico se pueden observar los porcentajes de participación incluyendo un 1% de repuestas de expertos internacionales⁽²⁹⁾.

Procedencia geográfica

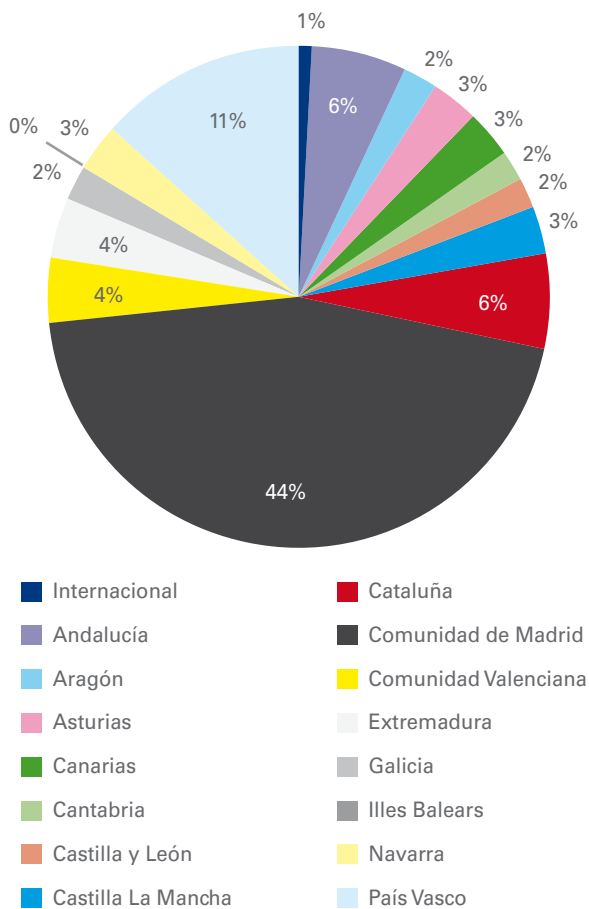


Fig. 2 Distribución por procedencia geográfica

⁽²⁹⁾Correspondiente a expertos procedentes de Alemania, Méjico, Cuba y Colombia.

La población de expertos que respondió a la encuesta está compuesta por un 87% de hombres y un 13% de mujeres.

En el estudio de 1998 el porcentaje de mujeres en la composición del Panel Consultivo fue del 7%

Esta baja participación de la mujer aparece en todos los estudios de prospectiva realizados por CIEMAT-OPTI en otras áreas energéticas desde 1998. El porcentaje más alto de participación femenina ha sido del 19%, en el caso del estudio de prospectiva en Hidrógeno y Pilas de Combustible realizado en 2006.

4.2. Análisis de variables

Nivel de conocimiento

A los expertos se les pedía valorar para cada una de las hipótesis y temas el grado de conocimiento que poseen con respecto a la hipótesis propuesta.

Nivel de conocimiento (%)

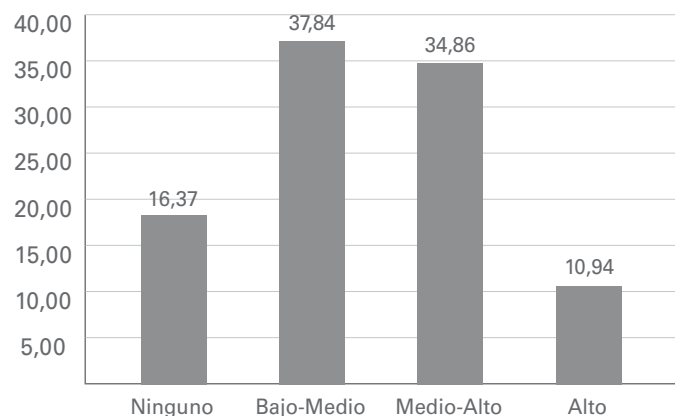


Fig. 3 Nivel de conocimiento de los encuestados

Los resultados reflejan que los expertos poseen un conocimiento considerado como bajo-medio y medio-alto de los temas en general. Cabe destacar que los encuestados responden en muchos casos asignándose un nivel de conocimiento más bajo al que corresponde a su experiencia.

En el estudio de 1998 un 40% de los expertos tenían un conocimiento medio y el 25% alto sobre los temas

Horizonte temporal

Mediante esta variable se trata de evaluar la opinión del experto para la materialización de las hipótesis en el horizonte temporal desde la actualidad a más allá del 2025.

Horizonte temporal (%)

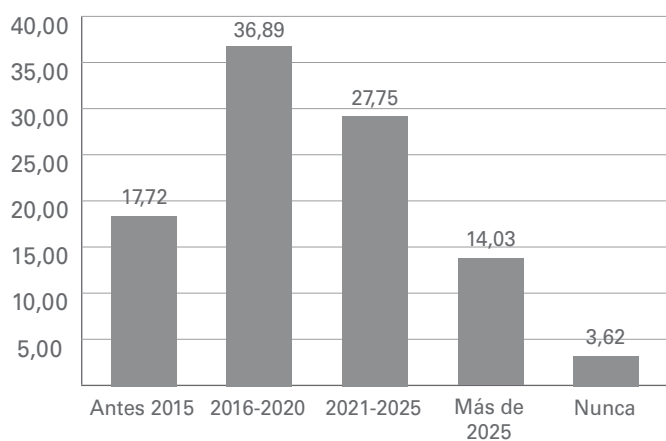


Fig. 4 Horizonte temporal

Como se puede observar en esta figura, los expertos reflejan que todas las hipótesis llegarán a implantarse en el intervalo temporal propuesto. Respecto a cada una de las áreas aparecen diferencias ligadas al distinto grado de desarrollo alcanzado por cada una de las tecnologías.

En el estudio de 1998 la mayoría de los temas tenían un horizonte de materialización comprendido entre 2009-2013

La opción "nunca" para la materialización del tema no resulta relevante para ninguno de los temas propuestos. Con un porcentaje superior al 16% aparecen el tema 65, la utilización del etanol hidratado como aditivo con el 27%, y para el 67, obtención de biodiesel a partir de cultivos tradicionales con un 18% que, como se verá al discutir el área de biocarburantes, responde a la situación causada por la indefinición administrativa y regulatoria en que se encuentra el sector actualmente.

Impactos

Esta variable refleja cual va a ser la repercusión que tendrá la materialización del tema propuesto en las distintas áreas.

Impactos (%)

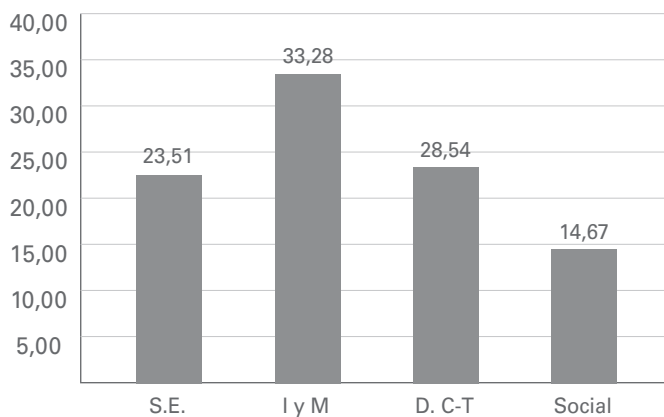


Fig. 5 Distribución de los impactos

La gráfica de la figura 5 muestra que los temas tendrán mayor impacto en la industria y mercado, el desarrollo científico y tecnológico y el sistema energético, lo cual indica que las energías renovables serán una pieza esencial para el desarrollo de la economía española en los próximos años.

En el estudio de 1998 el mayor impacto de los temas propuestos sería sobre el desarrollo industrial, seguido de la calidad de vida con el 38% y la creación de empleo con el 11%

Posición competitiva de España

En este apartado se pretende conocer la situación actual de España respecto a otros países para cada tema planteado.

Posición (%)

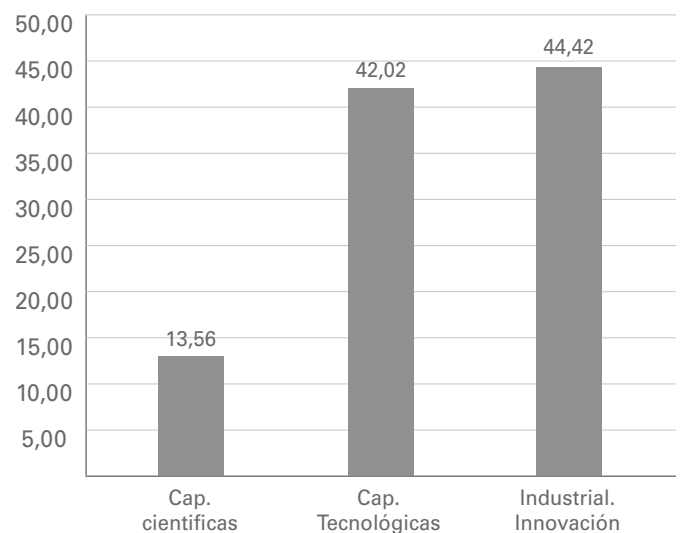


Fig. 6 Distribución de posición

Esta figura 6 permite concluir que la mayoría de los expertos considera que España se encuentra en una buena posición respecto a capacidades tecnológicas, industriales e innovación para el desarrollo de las energías renovables

La posición en ciencia y tecnológica se considera baja comparativamente con la industrial y de mercado, lo que refleja la necesidad de seguir impulsando medidas para mantener y fomentar las inversiones en I+D a pesar de la actual situación de crisis económica que incide sobre la actividad investigadora debido al recorte de los presupuestos.

Además, frente al objetivo fijado en la cumbre de Lisboa por la Comisión Europea de alcanzar el 3% del PIB a la I+D en 2020 actualmente los Veintisiete solo han alcanzado el 2,01%. En el caso de España la financiación pública en 2009 fue del 1,38%, inferior a la media de la UE. Disponer de los conocimientos científicos derivados de la investigación es la base necesaria para impulsar la competitividad industrial. Para ello se requieren inversiones a largo plazo para fomentar la creación de empleo, el desarrollo económico y la innovación, teniendo en cuenta que la inversión estatal debe ir acompañada de un mayor esfuerzo por parte de las empresas en la creación de departamentos de I+D y de las inversiones requeridas.

En el estudio de 1998 la capacidad de innovación se consideraba media para el 51 % y alta para el 35 %. La capacidad científico-tecnológica era alta-media para un 90 % y solo un 10 % la consideraba baja. El 80 % consideraba la capacidad de producción alta-media y solo un 10 % baja

Factores críticos

Esta variable determina cuáles son los factores identificados por los expertos como los principales obstáculos y barreras que inciden sobre la realización de los contenidos propuestos en las hipótesis.

Factores críticos (%)

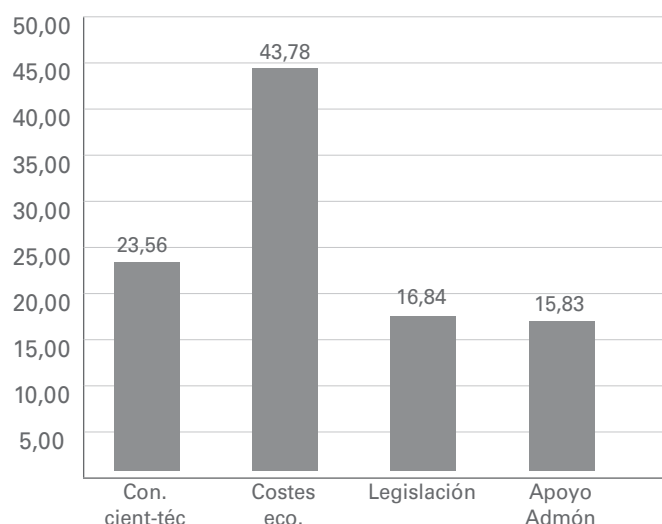


Fig. 7 Distribución de factores críticos

El gráfico muestra cómo los aspectos económicos se consideran como la principal barrera para el desarrollo de los temas planteados. La necesidad de crear nuevas capacidades en ciencia y tecnológica está relacionada con conseguir nuevos desarrollos innovadores. Las medidas de apoyo de las administraciones y los temas normativos, en el caso de las energías renovables se consideran dos aspectos muy relacionados.

En el estudio de 1998 las limitaciones más importantes eran los costes económicos, seguidos de los tecnológicos y la legislación o normativa.

Sin embargo, en el horizonte del 2020 debe considerarse la necesidad de contar con un compromiso político para impulsar el desarrollo de las energías renovables para diseñar una visión estratégica nacional que cuente con el soporte de las medidas legislativas y normativas requeridas junto con el apoyo continuado a largo plazo de las distintas administraciones implicadas.

Este escenario general plantea que los temas propuestos tendrán alto impacto sobre la industria y el mercado en el horizonte temporal del 2016-2025, es decir a corto plazo. Disponemos de una buena posición competitiva basada en nuestras capacidades tecnológicas, industriales y en innovación; aunque algo más baja en capacidades científicas. Los puntos críticos para el desarrollo de las hipótesis son los

costes económicos que deben seguir reduciéndose para facilitar la penetración de las energías renovables en los mercados.

La posición que nos encontramos en 1998 fue:

BUENA en desarrollo científico-tecnológico

MODERADA en capacidad de innovación

MEDIA-ALTA en capacidad de producción

MEDIA respecto a la comercialización

Existe una posición FAVORABLE del entorno social

Se recomienda la cooperación entre industria y centros científicos y tecnológicos

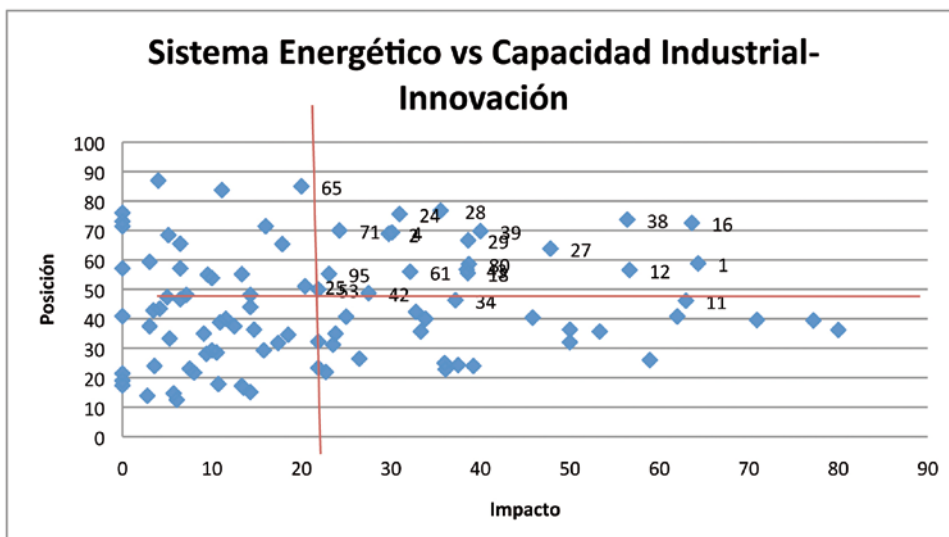


Fig. 8 Impacto sobre el sistema energético y capacidad industrial

El cuadrante superior derecho define la zona en donde están los temas con valores más altos de impacto para los que se cuenta con las capacidades más elevadas. En la tabla siguiente se presentan los temas considerados como críticos en función

de estos criterios de posición e impacto para cada una de las áreas del estudio y que se discuten detalladamente en el apartado siguiente junto con los obstáculos detectados y las recomendaciones de actuación.

N.º	TEMA
Redes y distribución de energía	
6	Desarrollo de tecnologías que promuevan y faciliten el desarrollo de corredores energéticos y las interconexiones con otros países.
8	Desarrollo de tecnologías para conseguir el desarrollo de microrredes y Centrales Eléctricas Virtuales, (Virtual Power Plants), (instalaciones de generación distribuidas gestionadas colectivamente por un único centro de control).
9	Desarrollo del concepto de <i>Smart Grids</i> (utilización de tecnologías digitales para el suministro de electricidad permitiendo la interacción con las aplicaciones de los consumidores), para gestionar la demanda, integrar la generación renovable, procesos recarga (rápida, lenta, punta, valle...).
Energía Eólica	
16	La energía eólica permite cubrir el 30% de la demanda eléctrica.
19	Utilización generalizada de aerogeneradores con diseños innovadores incorporando nuevos materiales y tecnologías.
22	Desarrollo de la energía eólica marina flotante mediante conceptos innovadores: plataformas, estructuras y sistemas de anclaje.
Energía Fotovoltaica	
31	Desarrollo de módulos fotovoltaicos de lámina delgada con eficiencias superiores al 15%.
32	Desarrollo de módulos cristalinos con eficiencias superiores al 22%.
33	Utilización generalizada del uso de la electricidad fotovoltaica en sistemas descentralizados en medios rurales en países en desarrollo.
36	Desarrollo de tecnologías de fotosíntesis artificial con conversión solar superior al 3%.
37	Desarrollo de nuevos materiales fotónicos y optimización de métodos de absorción de radiación solar para conseguir mejores eficiencias de conversión.
38	Generalización del uso de electricidad fotovoltaica en pequeños sistemas de decenas o centenas de kW conectados a la red.
Solar Termoeléctrica	
40	Aumentar la eficiencia de conversión solar – electricidad en un 20% (actualmente es del 15%).
41	Reducir los costes de instalaciones y equipos en un 20% respecto a los valores de 2009.
44	Utilización generalizada de centrales solares de colectores solares tipo Fresnel.

N.º	TEMA
47	Desarrollo de tecnologías que permitan elevar la temperatura de operación a los 500 °C utilizando colectores cilíndrico-parabólicos.
48	Desarrollo de tecnologías de almacenamiento para sistemas de vapor directo.
Biomasa	
54	Desarrollo de la cadena de tecnológica para el abastecimiento de biomasa (Logística).
56	Utilización práctica de cultivos energéticos en combinación con residuos agroforestales para producción de calor y electricidad.
58	Desarrollo de tecnologías biotecnológicas de bajo coste para la producción de biomasa y su transformación energética.
59	Desarrollo de tecnologías de conversión termoquímica y limpieza de gases (combustión, gasificación y pirólisis) para cultivos agroenergéticos, residuos orgánicos y lodos de depuradora.
60	Desarrollo del concepto de biorefinería para el aprovechamiento integral de la biomasa como fuente de energía y de productos de alto valor añadido.
Biocarburantes	
65	Utilización generalizada de etanol hidratado (modelo brasileño) como combustible de automoción.
66	Utilización directa del etanol anhidro como aditivo a las gasolinas.
67	Utilización generalizada del biodiesel a partir de cultivos tradicionales (colza, girasol, soja etc...).
Integración de renovables en la Edificación	
72	Utilización generalizada de sistemas de acoplamiento y control de instalaciones bioclimáticas y sistemas solares pasivos para el acondicionamiento térmico de los edificios.
78	Utilización generalizada de tecnologías de construcción, equipos y sistemas para el ahorro energético en los edificios ya construidos optimizando el uso de los recursos renovables locales y las condiciones del entorno.
81	Desarrollo de sistemas de certificación de equipos y de ciclos formativos para cualificar a los instaladores.
Geotérmica	
85	Desarrollo de nuevas técnicas de investigación geológica para exploración y evaluación de los recursos geotérmicos.
86	Utilización generalizada de bombas de calor por los avances tecnológicos alcanzados en la reducción de los costes de fabricación e instalación.
88	Desarrollo de técnicas de prospección que permitan minimizar los riesgos geológicos.
Energías marinas	
92	Desarrollo de tecnologías para utilizar las mareas y corrientes marinas como fuente de energía competitiva.
93	Desarrollo de dispositivos como membranas osmóticas semi-permeables para generar energía utilizando el gradiente salino del océano.

5. Temas más relevantes en cada área

Los resultados obtenidos en el análisis de las respuestas recibidas al cuestionario han permitido identificar un total de 33 temas que han sido considerados con alto impacto en alguno de los aspectos propuestos y para los cuales se dispone de capacidades que nos permitiría abordar su desarrollo competitivamente.

Las políticas energéticas están dirigidas a dar respuesta al crecimiento de la demanda asociada a un mayor bienestar social y al desarrollo económico, unido a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero evitando así los riesgos asociados al cambio climático. Estos objetivos requieren actuaciones para diversificar las fuentes de energía, fortalecer el funcionamiento de los mercados energéticos internacionales y desarrollar tecnologías de generación bajas en carbono competitivas con las soluciones actuales. De esta forma será posible mejorar la seguridad energética y garantizar el suministro necesario para poder proporcionar los servicios requeridos por todos los usuarios mediante un sistema energético sostenible, tanto desde el punto de vista medioambiental como del económico. La situación actual de crisis económica internacional unida en nuestro caso a una crisis estructural, requiere un esfuerzo colectivo para crear nuevas oportunidades industriales que permitan mantener y mejorar una posición competitiva en el sector de las energías renovables, impulsando el crecimiento económico y favoreciendo la creación de empleo basándose en el conocimiento, capacidades y experiencia existentes.

El objetivo de este trabajo ha sido el de analizar cuál será el papel de las tecnologías renovables en

el sistema energético identificando las opciones estratégicas y las prioridades que deberían fijarse para conseguir los mejores resultados. Hay que recalcar que el papel de la I+D+i es fundamental para impulsar el desarrollo industrial y la creación de empleo, por lo que resulta necesario identificar las fortalezas y debilidades del modelo español de crecimiento y evaluar el funcionamiento del sistema de innovación para poder seleccionar sectores sobre los que focalizar los esfuerzos.

5.1. Tendencias. Temas generales

Se propusieron cinco temas referentes a tendencias cuyo desarrollo influirá sobre el sistema energético con el objetivo de identificar posibles escenarios donde se van a materializar las diferentes tecnologías renovables. La evolución de cada una de las variables asociadas a estas tendencias permitirá evaluar cuál va a ser el impacto de las incertidumbres existentes sobre el desarrollo futuro del sector.

Como ya se ha indicado anteriormente, las previsiones sobre la evolución de la demanda realizadas por diferentes organismos internacionales⁽³⁰⁾ coinciden en señalar que si se mantienen las tendencias actuales de consumo la demanda mundial aumentará en un 36% desde hoy al año 2035. Hasta esa fecha, continuará la dependencia de los combustibles fósiles como fuente de energía primaria, acentuándose la gravedad de la pobreza energética al no poder garantizar el acceso a la electricidad de 1.300 millones de personas que lo necesitan para mejorar su calidad de vida. El consenso científico existente sobre la necesidad de limitar el calentamiento de la Tierra a 2 °C para evitar

⁽³⁰⁾IEO (2010), WEO (2010)

el cambio climático obliga a modificar el modelo actual y las pautas de consumo ya que ningún escenario de continuidad respecto a la situación actual que no incorpore medidas estratégicas de ahorro y tecnologías bajas en carbono a lo largo de los próximos años, permitiría alcanzar el volumen de reducción de emisiones necesario.

El desarrollo de las energías renovables se verá afectado por la evolución de los temas propuestos en esta área que se presentan en la siguiente tabla junto con los valores de su impacto en cada uno de los ámbitos propuestos y las capacidades existentes. Se

considera que a corto plazo, antes de 2020, los **temas** repercutirán sobre el sistema energético y sus efectos tendrán consecuencias sobre la calidad de vida y la sociedad. Se dispone de capacidades industriales para consolidar una posición competitiva haciendo frente a los obstáculos asociados a la legislación, recomendándose la necesidad de apoyos por parte de las administraciones. En este escenario general, las energías renovables tienen capacidad en España para formar parte de un sistema energético más sostenible que el actual donde se puedan alcanzar los objetivos planteados ya que se cuenta con conocimientos y capacidades para poder conseguirlo.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
1	La contribución de las energías renovables al consumo de energía final en España supone un 20% cumpliéndose los objetivos de la UE.	2016-2020	64	20	8	8	4	37	59
2	El precio del barril de petróleo sube un 50% sobre los precios actuales (el precio durante el 2009 varió entre 42\$ en junio y 74\$ en diciembre).	Antes 2015-2020	30	39	2	29	6	25	69
3	La aplicación de nuevas tecnologías con mejor eficiencia energética rebaja la emisión global de contaminantes gaseosos y CO ₂ en un 30%.	2016-2015	11	22	12	55	14	48	39
4	Aprobación de acuerdos con medidas de obligado cumplimiento para la reducción de emisiones posteriores a la cumbre de Copenhague.	Antes 2015-2020	30	34	2	34	4	27	69
5	La red de distribución y transporte integra el 35% de la electricidad procedente de fuentes renovables gestionando suministro y demanda.	Antes 2015-2020	77	16	5	1	0	61	39

La mejor posición competitiva por disponer de capacidades tecnológicas aparece en el **tema 5**, la red de distribución integra el 35% de la electricidad de origen renovable antes del 2020, que es el de mayor impacto sobre el sistema energético de todos los propuestos en el cuestionario. Existen capacidades industriales para abordar el **tema 4**, la aprobación de acuerdos incluyendo medidas de obligado cumplimiento para evitar el riesgo del cambio climático que sucederá antes del 2020 y que tendrá repercusiones sobre la sociedad.

La conexión de instalaciones renovables al sistema eléctrico requiere el diseño de infraestructuras que permitan integrar la electricidad generada en las instalaciones en función de su potencia sin que la operación de la red y sus indicadores de calidad se vean afectados, tema 5. Para ello se necesita realizar actuaciones desde el lado del recurso, planificación de operación o funcionamiento, como desde el propio sistema mediante los requisitos técnicos de conexión que deben cumplir las instalaciones. Según los datos iniciales para 2010 publicados por Red Eléctrica de España, la potencia instalada de energías renovables, hidráulica, eólica y solar, ha crecido entre 2006 y 2010 desde los 48.000 GWh a 70.000 GWh, lo que representa un 46 %. Respecto a la aportación a la demanda se ha pasado del 18% al 26% en el mismo período de tiempo. El Centro de Control para Régimen Especial, CECRE, integró en la red 20.00 MW eólicos durante 2010, y 13.000 MW de punta, con una cobertura de la demanda que alcanzo al 50% puntualmente.

Por tanto, se trata de un objetivo alcanzable en el horizonte del estudio para el que se dispone de las capacidades tecnológicas necesarias y en el que

los obstáculos aparecen ligados a la legislación. Las oportunidades aparecen no solo en las redes nacionales sino ligadas a la importancia de las nuevas infraestructuras eléctricas transnacionales para poder alcanzar los escenarios de crecimiento planteados en las energías renovables. Como se ha visto anteriormente, en estos escenarios la penetración en la red de las renovables podría suponer entre el 20% y el 100% de la generación base lo que exige diseñar la planificación de la red de transporte y distribución en función de las interconexiones internacionales, los sistemas de almacenamiento, su capacidad y las tecnologías de control y gestión. También deben considerarse las dificultades que plantea diseñar y operar una red con alta penetración de renovables que a su vez deba integrar otras tecnologías de generación con características muy diferentes, como sería el caso de la nuclear. La posición industrial respecto a este tema es media alta dada la experiencia de REE, lo que ofrece oportunidades para aplicar su experiencia en otros países, A su vez diferentes proveedores nacionales de equipos y sistemas para la integración están en condiciones de ofertar y participar competitivamente en los diferentes mercados.

El desarrollo de este tema, está relacionado con el **tema 1**, la contribución de las energías renovables al consumo de energía final en España supone un 20% que tendrá impacto sobre el sistema energético y para el que la posición industrial se considera media. Es un objetivo alcanzable en el horizonte temporal previsto en función de los resultados conseguidos hasta la fecha, aunque la situación actual no puede considerar especialmente favorable por los cambios regulatorios que afectan al sector y las dificultades económicas. Sin embargo, el grado de cumplimiento

no es el mismo respecto al recurso primario, electricidad o biocarburantes, reflejando el grado de desarrollo de las diferentes tecnologías.

El análisis realizado por APPA (2010) sobre el cumplimiento de los objetivos del PER 2005-2010 indica que a finales de 2009 las únicas tecnologías renovables que no alcanzaban los valores previstos eran biomasa y solar termoeléctrica por causas que se analizarán en los siguientes apartados, mientras que la fotovoltaica había superado sus objetivos en un factor 9. Conseguir cumplir estos objetivos requiere un importante esfuerzo ya que supone cambiar la estructura de generación planteando importantes desafíos que afectan al sistema eléctrico, las interconexiones, el diseño del sistema para aumentar la integración de las renovables y medidas para impulsar su penetración en los mercados, creando un marco regulatorio adecuado que garantice la viabilidad de las inversiones

Respecto a este tema se dispone de capacidades industriales para abordarlo y los obstáculos aparecen ligados a la legislación y las medidas de apoyo de la administración. La baja posición en capacidades científicas, como en el resto de los temas de esta apartado, implica la necesidad de un impulso decidido de la I+D+i para desarrollar nuevas soluciones.

Disponemos de capacidades industriales para el **tema 4** donde los expertos opinan que se aprobarán acuerdos de obligado cumplimiento para rebajar las emisiones antes de 2020. La 15ª Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático, COP15, celebrada

en Copenhague en 2009, consiguió consensuar un acuerdo final que no hacía referencia a una reducción cuantitativa de las emisiones en 2050, ni incluía un mandato específico para ser transformado en un tratado internacional, quedando a la espera de que los países firmantes mandasen sus compromisos antes de enero de 2010. Como datos positivos, aparecía por primera vez recogida expresamente la referencia a limitar el aumento de la temperatura por debajo de los 2 °C y la obligación de señalar objetivos concretos de reducción de las emisiones a escala global para los países industrializados junto con la búsqueda de compromisos para los países emergentes. Incluía la necesidad del desarrollo tecnológico y de la cooperación multilateral para la adaptación a los efectos negativos del cambio climático.

La última conferencia del COP16, celebrado en Cancún en diciembre de 2010, tenía el objetivo de conseguir resultados concretos en mitigación y la revisión del Protocolo de Kioto. Los acuerdos conseguidos crean un procedimiento de revisión periódica de los objetivos de reducción a partir del 2013-2015 para conseguir evitar un aumento de temperatura superior a 1,5 °C. Se establece un mecanismo de actuación para la reducción de emisiones en el que los países más desarrollados deben pagar a los países en vías de desarrollo por reducir la deforestación y mejorar la conservación de sus bosques⁽³¹⁾, aumentando así los sumideros de carbono.

Este compromiso requiere que los países menos desarrollados establezcan un plan concreto para evaluar y medir el ciclo del carbono en los bosques,

⁽³¹⁾REDD; reducing emissions from deforestation and forest degradation

lo que supone la existencia de oportunidades tecnológicas en el área forestal y el desarrollo de innovaciones relacionadas con las causas de la deforestación o el ciclo del carbono, sumideros de carbono. Se establece el Fondo Climático Verde, Green Climate Found, con compromisos de financiación que supondrán 30.000 millones de dólares en el 2012 y se elevarán a 100.000 \$ anuales en 2010. También hay que resaltar el marco de adaptación al cambio climático, Cancún Adaptation Framework, para impulsar la transferencia de tecnología desde los países más desarrollados que permita crear las capacidades nacionales necesarias. Las oportunidades asociadas a estos acuerdos aparecen en las denominadas tecnologías verdes o medioambientales, la búsqueda de soluciones innovadoras para un futuro sostenible. Disponemos de la capacidad industrial e innovadora necesaria aunque sería necesario aumentar las capacidades tecnológicas y científicas necesarias. Los factores críticos para impulsar el desarrollo de estas tecnologías, considerados medios, surgen principalmente asociados a los costes económicos necesarios y a legislación, reflejando la complejidad del desarrollo normativo por lo que se requiere el apoyo de la administración junto con la necesidad de nuevos conocimientos científicos.

Respecto al precio del barril del petróleo, **tema 2**, se dispone de capacidades altas en industria e innovación que permiten afrontar sus consecuencias y crear oportunidades industriales. La evolución del precio del petróleo refleja en general el coste de la energía, durante el 2009 varió entre los 42\$ en junio y 74\$ en diciembre, lo que supuso un crecimiento del 75% ese año, el más alto de la última década. En el año 2010, ha seguido esta tendencia al crecimiento con una subida

de un 9,71%, oscilando entre 79,36 \$ en enero y 89,35 dólares por barril en diciembre. El informe WEO 2010 considera que el petróleo seguirá siendo el combustible más utilizado como fuente de energía primaria en el horizonte del 2035, aunque descenderá del 38% que suponía en 2008 dentro de la energía primaria a un 28% por los altos precios y las políticas de eficiencia que se espera poner en marcha para sustituir su uso en los sectores industriales y de generación. El crecimiento del precio del petróleo se centra en su empleo en el transporte, donde la demanda continuará subiendo por la falta de alternativas competitivas. En el escenario de Nuevas Políticas del WEO 2010, el precio de crudo alcanzará 113\$ por barril en 2035, en dólares de 2009, frente a los 60\$ de media que tenía en el año 2009. El mayor crecimiento de la demanda se producirá en los países que no pertenecen hoy a la OCDE, sobre todo China e India.

Junto con esta tendencia al crecimiento en el precio de la energía, el sistema energético se verá afectado por la evolución de las reservas de combustibles fósiles para cubrir la demanda. Según las proyecciones del WEO la producción mundial de petróleo, procedente en su mayor parte de la OPEC, alcanzará una zona plana en 2020, en torno a 68-69 millones de barriles diarios, mb/d, pero sin volver a recuperar el máximo de 70 mb/d que se alcanzó en 2006. Los cálculos sobre el volumen de las reservas existentes son imprecisos por la baja fiabilidad de los datos de que se dispone al incluir reservas conocidas y estimadas, recursos convencionales y no convencionales. A esto se unen las incertidumbres asociadas al empleo de nuevas tecnologías de explotación, tecnologías de perforación avanzadas y a la necesidad de construir infraestructuras de acceso y explotación que estarían sujetas a su viabilidad

económica. Según este escenario, el máximo en la capacidad de producción no se alcanzaría antes del año 2035, en función de las medidas que se pongan en marcha para conseguir desarrollar alternativas competitivas en el sector del transporte.

Las oportunidades para el sector de los hidrocarburos surgen en tecnologías de exploración sísmica, técnicas para explotación de yacimientos en aguas profundas y el desarrollo de sistemas para aumentar los factores de recuperación actuales mediante inyección de agua, gas u otros fluidos. También se necesitan desarrollos innovadores para poder utilizar recursos no convencionales como los crudos pesados y extrapesados, las arenas, pizarras y esquistos bituminosos, solucionando su impacto sobre el medio ambiente. Surgen oportunidades ligadas a las alternativas para el transporte como son los vehículos híbridos y eléctricos, junto con los nuevos portadores energéticos como el hidrógeno para alimentar las pilas de combustible, los biocarburantes, y la generación de combustibles sintéticos. Proyectos de I+D de gran envergadura, con la financiación adecuada, deben ser la base para conseguir los nuevos conocimientos que permitan afrontar el fin del petróleo fácil y el desarrollo equilibrado de todas las fuentes de energía consolidando la posición competitiva actual.

El **tema 3**, la aplicación de tecnologías con mejor eficiencia energética para conseguir rebajar las emisiones contaminantes en un 30%, se considera con alto impacto social en el horizonte de los próximos diez años y nuestra posición permite considerarlo como una posible oportunidad estratégica. La eficiencia se considera imprescindible para conseguir diseñar un sistema energético más sostenible que el actual ya que permite reducir las

emisiones de CO₂ y consumir menos manteniendo los mismos servicios, disminuyendo así la dependencia de los recursos fósiles y aumentando la seguridad energética. En el año 2009, la IEA propuso una serie de veinticinco medidas relacionadas con las políticas de eficiencia energética en siete áreas prioritarias: edificación, aplicaciones y equipos, iluminación, transporte, industria, usos finales y acciones transversales. Si todas estas recomendaciones se implementasen a corto plazo se lograrían evitar, en el 2030, la emisión de 8,2 Gt de CO₂ anuales respecto a un escenario de referencia, en el que no se adoptan nuevas políticas respecto a las vigentes ni objetivos de reducción adicionales.

Las tecnologías implicadas en el desarrollo de este tema aparecen a lo largo de toda la cadena de suministro, repercutiendo en los consumos finales y en la reducción de la intensidad energética por lo que contribuyen a reducir la dependencia exterior. Las pérdidas que se producen en los procesos de producción, suministro y utilización por el uso de tecnologías poco eficientes o por malos hábitos de uso, suponen altos costes económicos que inciden en el coste de la energía final que pagan los propios usuarios. Surgen así oportunidades en tecnologías de oferta, demanda y consumo para las que nuestra posición se considera media respecto a capacidades tecnológicas, industria e innovación pero muy baja en capacidades científicas. Los obstáculos son considerados bajos por lo que sería posible poner en marcha medidas específicas en estas tecnologías para contribuir a desarrollar los objetivos de las políticas de eficiencia. La propuesta para una Directiva sobre Eficiencia Energética publicada en junio de 2011 abre nuevas perspectivas para consolidar actuaciones en este tema.

5.2. Redes y gestión de la energía

El sistema de generación eléctrico actual es muy dependiente de los combustibles fósiles basándose en un modelo energético muy intensivo en consumo de energía y producción de emisiones. Durante los próximos años, la electricidad continuará aumentando su peso como transportador energético, vector, por su capacidad para cubrir diferentes servicios de uso final, la seguridad en suministro y la flexibilidad en su producción. Los niveles de calidad y garantía del suministro eléctrico se basan en gestionar la oferta y la demanda mediante sistemas de control y monitorización que permitan operar una red robusta y con las interconexiones necesarias para disponer de la potencia de respaldo requerida en cada momento, dando respuesta a los servicios requeridos por los usuarios con los niveles de calidad y seguridad necesarios.

La transición a un sistema energético más sostenible basado en las tecnologías renovables supone el reto de integrar en la red actual la generación intermitente, es decir dependiente de la disponibilidad del recurso, y un diseño basado en la generación distribuida, zonas de generación

y consumo más cercanos entre sí que en la actual modelo de generación centralizada. Esto hace que el transporte y la distribución necesiten incorporar desarrollos para mejorar su operación, el desarrollo de tecnologías de almacenamiento a gran escala y la gestión de la demanda para mantener el equilibrio de operación evitando así el impacto de la variabilidad de las fuentes. Los retos que se plantean para el sistema eléctrico están referidos a la necesidad de integrar la generación no gestionable, renovables, mediante sistemas de control y monitorización adecuados junto con el diseño de las infraestructuras necesarias que permitan tener una red robusta e interconectada en todo su trazado.

Los temas propuestos relacionados con redes de electricidad y la gestión de la energía se considera que tendrán impacto muy alto sobre el sistema energético. Las capacidades tecnológicas de que se dispone para poder abordar su desarrollo se consideran altas comparativamente respecto a los países de nuestro entorno, aunque la posición respecto a conocimientos científicos está por debajo de la media. Los obstáculos identificados son de tipo legislativo, la falta de apoyos de las administraciones y los costes económicos.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
6	Desarrollo de tecnologías que promuevan y faciliten el desarrollo de corredores energéticos y las interconexiones con otros países.	2016-2020	80	17	1	1	3	61	36
7	Utilización generalizada de tecnologías que permitan el desarrollo de refuerzos internos de red.	2016-2020	71	11	13	5	9	51	40
8	Desarrollo de tecnologías para conseguir el desarrollo de microrredes y Centrales Eléctricas Virtuales, (Virtual Power Plants), (instalaciones de generación distribuidas gestionadas colectivamente por un único centro de control).	2016-2015	59	7	23	11	16	58	26
9	Desarrollo del concepto de <i>Smart Grids</i> (utilización de tecnologías digitales para el suministro de electricidad permitiendo la interacción con las aplicaciones de los consumidores), para gestionar la demanda, integrar la generación renovable, procesos.	2016-2025	53	20	12	15	5	59	36
10	Utilización generalizada de sistemas de almacenamiento convencionales (sistemas electroquímicos).	2021-2026	34	26	34	6	20	40	40
11	Desarrollo del proyecto DESERTEC en países del norte de África para exportar electricidad a Europa mediante redes de transmisión capaces de gestionar la electricidad a grandes distancias.	2016-mas allá 2025	63	19	11	7	6	48	46
12	Desarrollo del Plan Solar Mediterráneo: su objetivo es el desarrollo de 20 GW de capacidad eléctrica renovable en los países del sur del Mediterráneo así como de las infraestructuras necesarias para la interconexión eléctrica con Europa.	2016-2025	57	30	7	7	0	43	57
13	Desarrollo de sistemas innovadores que permitan gestionar y complementar las energías renovables y otros recursos energéticos.	2016-2020	50	19	21	10	18	45	36
14	Desarrollo de tecnologías, sensores y dispositivos que permitan reducir los costes de inversión y operación de las redes de transporte y distribución.	2016-2020	46	38	13	4	15	45	40
15	Desarrollo de tecnologías para el control activo de la demanda.	2016-2020	62	10	10	18	8	51	41

El tema con mejor posición y considerado de mayor impacto es el 6, desarrollo de tecnologías que promuevan y faciliten el desarrollo de corredores energéticos y las interconexiones con otros países. La construcción del mercado interior de la energía en la UE abarca distintos proyectos entre los que figura la creación de una Red Europea de Gas y Electricidad donde aparecen varios proyectos de Interconexión: como los Anillos Báltico y Mediterráneo, la Red Eólica Marítima, los Corredores de gas en el oeste y el sudeste de la UE y la infraestructura de distribución para el gas natural licuado. Para su diseño y construcción se ha creado la Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad⁽³²⁾ donde se agrupan los operadores del sistema eléctrico con el objetivo de desarrollar los códigos de red necesarios, coordinar la seguridad y de operación con herramientas comunes, desarrollar la I+D relacionada con las infraestructuras de transmisión y establecer un plan a diez años asegurando el suministro necesario para poder cubrir las necesidades.

Se han realizado diversos estudios sobre su viabilidad de estos proyectos y otros similares propuestos por diferentes instituciones, como el ya citado. "Roadmap 2050" elaborado por ECF, que analiza un escenario 100% renovables supone importar un 15% de la energía mediante una red de transmisión de alto voltaje en continua, "supergrid", incorporando tecnologías para la gestión de la demanda y la integración de las renovables en el sistema a través de las interconexiones necesarias. La generación se basaría en proyectos solares en los países del sur de Europa y en los desiertos del norte de África, junto con la capacidad hidroeléctrica de los

países escandinavos, plantas eólica del Báltico y el Mar del Norte y un mayor desarrollo de la biomasa y las energías marinas.

Un reto para estas nuevas redes es la transmisión a larga distancia de la electricidad disminuyendo las pérdidas actuales, reduciendo los costes de inversión y los impactos ambientales. La solución tecnológica es el transporte en alta y muy alta tensión en corriente continua en lugar del actual en corriente alterna. Las tecnologías actuales permiten reducir las pérdidas a menos del 3 % por cada 1000 Km., a 800 kV lo que supone el 30-40 % menos que las líneas de corriente alterna con los mismos niveles de voltaje. Actualmente la transmisión en continua se emplea en lugares donde la producción está muy lejos de los puntos de consumo como China, Canadá, India o Brasil. Los costes de inversión son altos por la necesidad de disponer de estaciones de conversión, pero a partir de una cierta distancia, superior a 600 km, una línea área de corriente continua puede resultar una solución más económica ya se necesitan solo dos cables en lugar de tres, por tanto menos material, y disminuye los problemas técnicos de desfase entre intensidad y voltaje de la corriente alterna. La corriente continua es mejor solución técnica para la interconexión de redes asíncronas, que no trabajan a la misma frecuencia, y en el tendido de líneas subterráneas o submarinas con longitudes superiores a los 50 km. Se cuenta con capacidades industriales y tecnológicas para consolidar la posición competitiva actual en estos desarrollos innovadores pero se recomienda realizar un esfuerzo en actividades de I+D que permitan aumentar los conocimientos y capacidades necesarios.

⁽³²⁾European Network of Transmission System: <https://www.entsoe.eu/>

La utilización generalizada de tecnologías que permitan el desarrollo de refuerzos internos de red, **tema 7**, se refiere a las actuaciones que Red Eléctrica de España debe implementar como distribuidor sobre las infraestructuras para dar respuesta a la demanda esperada en todo momento, manteniendo los indicadores de calidad y seguridad del servicio. En el caso de las interconexiones para aumentar la capacidad de intercambio es preciso analizar los diferentes escenarios de previsión de la demanda para evaluar los refuerzos necesarios y su coste. Entre estas actuaciones se pueden citar la transformación de las líneas existentes, desdoblamiento o construcción de nuevas líneas. Es un tema de muy alto impacto sobre el sistema energético en el horizonte del 2020 para el que las capacidades tecnológicas e industriales con que se cuenta son medias por lo que se requiere un esfuerzo para encontrar soluciones innovadoras que permitan disminuir los costes económicos.

Se cuenta con capacidades tecnológicas para el desarrollo de tecnologías para conseguir el desarrollo de microrredes, **tema 8**, y centrales eléctricas virtuales que son instalaciones de generación distribuidas gestionadas colectivamente por un único centro de control) y el concepto de Smart Grids, **tema 9**, para gestionar la demanda, integrar la generación renovable y mejorar la eficiencia. La generación distribuida ofrece numerosas oportunidades para las que se dispone de las capacidades necesarias. Las infraestructuras existentes podrían utilizarse para iniciar el desarrollo de las redes inteligentes, existen empresas nacionales con experiencia en equipos de control y protección, se fabrican componentes de electrónica de potencia a lo que se une la experiencia del Centro de Control Eléctrico de Red Eléctrica, Ceceol, y del Centro de Control para Régimen

Especial, CECRE, centro específico para la supervisión y control de las instalaciones del régimen especial (energías renovables y cogeneración): Los retos aparecen por la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías de protección, gestión y control para redes distribuidas así como para reducir las pérdidas en la transmisión basadas en nuevos materiales.

Las denominadas “redes inteligentes”, **tema 9**, se definen como una red de distribución de electricidad que incorpora las tecnologías de la información y la comunicación, tecnologías Web, para optimizar la relación entre los consumidores, los productores de energía y los puntos de generación. Estas redes están formadas por tres capas: la capa física de transmisión y distribución eléctrica, la capa de transporte, comunicación y control y la capa de aplicaciones y servicios. Los objetivos son transformar las actuales redes eléctricas en una red de servicios resistente e interactiva (clientes/operadores), controlar los flujos de información e intercambio de datos en tiempo real para optimizar el ajuste de las curvas de generación y demanda, eliminando los obstáculos para utilizar sistemas de generación distribuida, como renovables, micro generación, micro turbinas, pilas de combustible...etc., que junto con las tecnologías de almacenamiento ofrecen amplias posibilidades para la mejora y operación del sistema eléctrico. Para ello, la red actual necesita incorporar sistemas de automatización y control que permitan conocer en todo momento su estado. El diagnóstico de las condiciones de operación en tiempo real permite aumentar la eficiencia de operación del sistema y optimizar las condiciones de transmisión y distribución al detectar averías, facilitando así actuaciones remotas rápidas para reponer pérdidas de suministro, asegurando con ello su calidad. Su desarrollo permitirá reducir el

consumo de electricidad actuando sobre la demanda, integrar fuentes de energía renovables o sistemas distribuidos reduciendo así la necesidad de tener que recurrir a las centrales térmicas. Dotar a la red de esta capacidad de "inteligencia" permitirá a los agentes del mercado utilizar mejor las fuentes intermitentes como las energías renovables, almacenando la energía para poder utilizarla cuando sea preciso y programar la potencia de generación requerida. La unión de tecnologías limpias de generación y el desarrollo de las redes inteligentes permitirá dar soluciones distintas al diseño del sistema eléctrico, transporte y comercialización de la energía facilitando un cambio en los usos finales hacia la mayor eficiencia energética.

Para afrontar los desarrollos en los temas 8 y 9, nuestro país dispone de capacidades y conocimientos sobre ingeniería de red y la gestión del sistema eléctrico por lo se cuenta con amplia experiencia y know how en la integración de las energías renovables en la red. Además, existe una industria nacional de electrónica de potencia y desarrollos industriales para la recuperación y almacenamiento de energía. Es preciso incorporar sistemas de información digital y comunicaciones lo que junto a posibles oportunidades hace surgir riesgos ligados a la seguridad y protección de los sistemas. El alto impacto de estos temas va asociado a capacidades tecnológicas altas aunque resulta necesario un esfuerzo de I+D+i para conseguir desarrollar tecnologías de alto voltaje y sistemas de transmisión de electricidad en corriente continua. Se requieren nuevos dispositivos para conseguir aumentar la capacidad transporte, y gestionar las energías renovables, **tema 13**, y el desarrollo de sensores para monitorizar la operación en tiempo real, **tema 14**, herramientas para diagnosticar y reparar el estado

de la red, nuevos materiales para aislantes, cables y conductores de alta capacidad. En ambos casos la posición tecnológica y las capacidades científicas ofrecen oportunidades estratégicas.

La Iniciativa Industrial Europea de Redes Inteligentes, como el desarrollo de un sistema con la capacidad suficiente para poder suministrar electricidad al conjunto de los usuarios de manera segura, eficaz y económica. En su desarrollo aparecen diferentes tecnologías como sub.-estaciones, sensores que permitan la comunicación en tiempo real entre productores, distribuidores y consumidores, contadores eléctricos inteligentes para que los consumidores puedan interactuar con la red controlando la demanda y los picos de consumos. Sistemas de generación y sistemas para el almacenamiento de electricidad descentralizados que permitan controlar flujos bidireccionales. Entrarían aquí los futuros vehículos eléctricos cuyas baterías podrían ser utilizadas en la gestión de la demanda. Algunas de estas tecnologías ya existen en mayor formando parte del equipamiento del sector pero no está diseñada la estrategia para su utilización generalizada ni cuál va a ser el modelo económico en el que se desarrollarán. Todas ellas requieren materiales y sistemas electrotécnicos como electrónica de potencia, sistema de transporte flexible en corriente alterna, FACTs, las tecnologías de almacenamientos centralizados o distribuidos, tecnologías de corriente continua, ... que deben adaptarse a la arquitectura de red, la integración de fuentes renovables intermitentes y la problemática de la generación descentralizada. Además hay que incluir los sistemas de información y la seguridad. Se dispone de capacidades ligadas a la experiencia existente en gestión del sistema eléctrico, ingeniería de red y una industria nacional de electrónica de

potencia. Las oportunidades aparecen asociadas a las capacidades de que se dispone, experiencia en gestión del sistema eléctrico, ingeniería de red, industria nacional de electrónica de potencia que pueden ser utilizadas como ventajas competitivas ya que los obstáculos que se detectan son bajos.

La posición competitiva es favorable para el **tema 15**, la gestión activa de la demanda tendrá impacto sobre el sistema energético antes del 2020, al permitir igualar en cada momento la generación y la potencia demandada, dando no sólo respuesta a las puntas de consumo y evitar interrupciones, sino también proporcionando mejor cobertura a todos los servicios energéticos finales. Asimismo contribuye en la optimización de patrones de consumo, satisfaciendo las necesidades, sin pérdidas de calidad de suministro, mediante herramientas de gestión predictiva de la red en tiempo real. De esta forma se reduce la necesidad de elevar la producción de las plantas y poner en operación plantas de reserva que puedan entrar en operación rápidamente, como las turbinas de gas, optimizando el funcionamiento de la red. Los usuarios podrán conocer su demanda de energía en tiempo real mediante contadores bidireccionales y programar sus consumos dirigiéndolos hacia un determinado tipo de recurso o bien ajustándolo en función del precio del kWh en las distintas franjas horarias.

A su vez, los proveedores de servicios energéticos pueden recibir información sobre la demanda por medio de sensores interconectados con los dispositivos de consumo, pudiendo ajustar así su oferta. El intercambio de señales entre contadores y sensores de operación facilitará la respuesta en situaciones de sobrecarga, activando interruptores operados a distancia y dando entrada o reorientando

la potencia eléctrica requerida en cada situación. Las oportunidades aparecen ligadas a la necesidad de buscar soluciones innovadoras con amplias perspectiva de mercado que ofrecen un amplio abanico de actuaciones estratégicas para mejorar la competitividad actual.

Se dispone de una capacidad científica media-alta para abordar el **tema 10**, la necesidad de tecnologías para el almacenamiento eficaz de energía eléctrica como factor clave para mejorar la operación de la red, solucionar problemas causados por averías, evitar discontinuidades en el suministro y regular su funcionamiento. Estas tecnologías contribuirán a disminuir la potencia de respaldo necesaria para evitar fluctuaciones súbitas, ligadas a la intermitencia del recurso, como es el caso de las energías renovables,

Existen distintos sistemas para almacenar energía adaptados a las diferentes aplicaciones en las que se utilizan, con capacidad para almacenar mucha potencia durante mucho y suministrarla con tiempos de descarga largos, o capaces de suministrar energía en tiempos muy cortos: Sin embargo, se requiere un esfuerzo importante para reforzar los desarrollos alcanzados en almacenamiento y recuperación de energía mediante la incorporación de nuevos materiales para conseguir mejor eficiencia y facilitar su competitividad económica.

Conseguir mejorar las prestaciones actuales, la búsqueda de nuevos materiales y la búsqueda de tecnologías alternativas, ofrecen numerosas oportunidades para la industria nacional. Las capacidades tecnológicas e industriales existentes se consideran medias ya que se requieren innovaciones en diferentes ámbitos lo que sugiere la necesidad de

desarrollar nuevos conocimientos científicos para lo que se dispone de las capacidades necesarias. El uso del almacenamiento podría resultar determinante para cumplir los objetivos 20/20/20 garantizando una operación segura del sistema eléctrico aumentando la integración de renovables en la red para cubrir las previsiones del PANER garantizando la seguridad y calidad del suministro. Los sistemas de almacenamiento podrían tener un papel fundamental en otras múltiples aplicaciones a lo largo de la cadena de suministro de electricidad, generación, transporte, distribución y consumo, ofreciendo oportunidades de desarrollo. Sectores emergentes, como los vehículos eléctricos, también requieren importantes avances en los sistemas de almacenamiento, con características propias como tamaños más pequeñas, ligeros y con alta potencia, que ofrecen un amplio campo para la búsqueda de nuevas soluciones necesarias para desarrollar estos mercados.. El almacenamiento tendrá un papel importante para su cumplimiento de los objetivos del nuevo PER 2011-2020. En el borrador publicado en junio 2011 se duplica la capacidad de acumulación actual mediante nuevas centrales reversibles y se señala el papel del almacenamiento por baterías en la gestión del sistema eléctrico en función de su evolución tecnológica.

En un horizonte a más largo plazo, los temas de alto impacto sobre el sistema energético para los que se cuenta con un mejor posición son el **12** y el **11**, relacionados con el desarrollo de infraestructuras de transporte entre el norte de África y Europa aunque ligadas a iniciativas diferentes. El Plan Solar Mediterráneo es un proyecto ligado a la iniciativa “Unión por el Mediterráneo” para aprovechar el potencial de las energías renovables solar y eólica

principalmente, impulsando mecanismos de financiación que contribuyan al desarrollo industrial de los países participantes mediante proyectos concretos. DESERTEC⁽³⁴⁾ es una iniciativa industrial cuyo objetivo es producir electricidad a partir de energía eólica y solar, fotovoltaica y termoeléctrica, en centrales instaladas en África del Norte y Oriente Medio para transportarla por líneas de alta tensión o cables submarinos hasta los puntos de consumo. Las dificultades, además de las tecnológicas, aparecen ligadas a cuestiones socio-económicas y a la dependencia tecnológica que se produciría de los países europeos al tratarse de una iniciativa principalmente industrial. También habría que tener en cuenta la vulnerabilidad de las instalaciones y líneas de transmisión frente a posibles ataques terroristas o inestabilidades políticas. Actualmente se trata de evaluar las opciones tecnológicas existentes y los posibles emplazamientos antes de seleccionar la solución más competitiva, tecnológica y económicamente. Junto con la rentabilidad del proyecto debe decidirse la tecnología ya que aunque ya existen algunas centrales solares termoeléctricas a pequeña escala deberían pasar a la fase de desarrollo y tener en cuenta la capacidad de la fotovoltaica o la eólica en función de los planes de desarrollo existentes en la región.

Además es preciso diseñar las líneas de transporte y las interconexiones para distribuir la electricidad en los mercados europeos teniendo en cuenta que actualmente solo existe una interconexión entre España y Marruecos con capacidad limitada. Estos diseños de nuevas líneas de transporte se contemplan en diversas iniciativas comunitarias relacionadas con el desarrollo de infraestructuras energéticas entre Europa y los países de

⁽³⁴⁾ http://www.eeas.europa.eu/euromed/index_en.htm

la región además de las interconexiones entre los países de la UE, en línea con los objetivos del mercado único. Sería necesario establecer programas de cooperación científica y técnica, abordando la financiación en la situación actual de crisis económica junto con el marco regulatorio. Finalmente no debe olvidarse obstáculos relacionados con las tecnologías como necesidades de agua para la operación de la central, ocupación de terrenos y competencia con otros usos. Estos temas ofrecen una oportunidad importante para nuestro país por las capacidades industriales y el conocimiento científico tecnológico con que se cuenta en la integración de las energías renovables en la red eléctrica y por el desarrollo industrial del sector, muy competitiva en los mercados internacionales. Nuestra posición geográfica nos coloca en un lugar estratégico para participar activamente en estos desarrollos o proyectos similares.

Actuaciones para fomentar la realización conjunta de proyectos específicos de colaboración en I+D+i entre organismos de investigación y empresas como los Proyectos Singulares Estratégicos "Demostradores de Energía" dentro de la convocatoria INNPACTO del Plan INNOVACION, pueden contribuir a crear un entorno colaborativo ciencia-industria integrando conocimientos y capacidades en la búsqueda de soluciones innovadoras. Un ejemplo sería el proyecto SINTER, Sistemas inteligentes estabilizadores de red, cuyo objetivo es demostrar la utilización de la integración de las energías renovables, eólica, fotovoltaica e hidráulica, incorporando sistemas de almacenamiento para estabilizar la operación de la red. Se trata de analizar cómo resolver los problemas de funcionamiento producidos por estas tecnologías situadas cerca de los puntos de consumo y su repercusión en el caso de redes aisladas o muy

poco interconectadas entre sí. El proyecto incluye la construcción de instalaciones de demostración en distintas localizaciones geográficas para ensayar los componentes de conexión y control junto con los de generación y almacenamiento que permitan asegurar el suministro eliminando perturbaciones que puedan ser causa de interrupción del servicio y manteniendo los parámetros de calidad para los usuarios.

5.3. Energía eólica

Según los datos del Global Wind Energy Council⁽³⁵⁾, a finales del 2010 la capacidad eólica instalada en todo el mundo ascendía a 194,4 GW, lo que supone un 22,5% más que la existente a finales del año anterior. Siguiendo las tendencias anteriores, más de la mitad las nuevas instalaciones se realizaron fuera de los mercados tradicionales, Norte de Europa y Estados Unidos: Destaca el crecimiento de China, con 42,3 GW que ya cuenta con más capacidad que Estados Unidos, aunque no tiene resuelto el problema de la integración en el sistema eléctrico nacional por falta de capacidad de transmisión y conexión a la red. También ha aumentado en otros países en desarrollo como India, 2,1 GW nuevos, Brasil con 326 MW, Méjico instaló 316 y el Norte de África, Egipto Marruecos y Túnez con 213 MW.

El mercado mundial en 2010 sufrió un descenso del 7% respecto al año anterior, la primera vez en los últimos veinte años por la situación de crisis financiera que ha frenado los pedidos de nuevas turbinas y la reducción en la demanda de electricidad. La misma situación ha ocurrido en Europa donde la nueva capacidad instalada ha sido de 9,9 GW, un 7,5% menos que en 2009 aunque el mercado de la eólica marina si ha crecido. Según los datos del Global Wind Energy Council, GWEC, este

⁽³⁵⁾GWEC 2010

crecimiento en 2010 ha significado una inversión de 47.300 millones de euros en los nuevos aerogeneradores instalados. Esto supone un crecimiento del 18,2% anual con lo que la previsión es alcanzar 60,5 GW en 2015. Europa ocupará el segundo lugar en el mercado eólico mundial, por detrás de China y las compañías europeas continuarán su posición de liderazgo.

La energía eólica es la renovable más desarrollada en nuestro país, tanto en capacidad instalada, y competitividad empresarial como por el tejido industrial existente en el sector. Se considera una historia de éxito en la transferencia de conocimiento y tecnología en los últimos años. El crecimiento consolidado más espectacular tuvo lugar a partir de los años 90 cuando la energía eólica, comenzó a ser una importante actividad industrial basada en los conocimientos científicos y capacidades tecnológicas existentes. Este desarrollo del mercado ha movilizó a los distintos actores del sector impulsando la innovación que se traduce en la instalación de 1.516 MW en 2010, un aumento del 8% sobre el año anterior, alcanzándose un total de 20.676 MW, por encima del objetivo del Plan de Energías Renovables 2005-2010, según datos de la Asociación Empresarial Eólica, AEE⁽³⁶⁾. De acuerdo a esta información, este crecimiento ha sido el más lento desde 2003 por la situación creada por las consecuencias del Registro de Preasignación que entró en vigor en 2009, los impactos de la crisis económica y la incertidumbre causada por no existir un marco regulatorio a largo plazo lo que ha paralizado numerosos proyectos.

Los avances alcanzados se pueden ver en la evolución del tamaño unitario de los aerogeneradores en nuestro país en los últimos años.

Año	Potencia (kW)	Altura (m)	diámetro rotor (m)	Producción anual (MW)
1985	55	20	15	48.000
1995	500	45	52	190.000
2005	2000	60-100	80	1.050.000

Las energías renovables en España aportaron un total de 6.157 millones de euros al PIB nacional en 2009, un 98% más que en el año anterior, según los cálculos de APPA (2010). La energía eólica contribuyó con 3.214 millones de euros, alrededor de la mitad de la mitad del total de las renovables, aunque supone un descenso del 16% respecto al año anterior a pesar del aumento de potencia registrado. Entre las diversas causas se pueden citar el descenso en los precios de la electricidad que compensaron el aumento de producción, la reducción en el volumen de negocio por la crisis económica que afecta a fabricantes y promotores junto con los cambios regulatorios que inciden sobre el desarrollo del sector. El sector minieólico aportó al PIB 46 millones de euros que es una aportación comparable a la de años anteriores, 41 millones en 2005 y 44 millones en 2008. Se considera un sector con amplio potencial de desarrollo basado en el tejido empresarial existente con fabricantes nacionales que compiten en los mercados internacionales. El PANER 2011-2020 fija un objetivo de 370 MW para esta energía pero se precisa un apoyo decidido de las diferentes administraciones para incentivar las instalaciones en entornos aislados y urbanos que constituyen un mercado potencial muy importante, oportunidad que se discute más adelante. El borrador del PER 2011-2020, pendiente

⁽³⁶⁾ Este informe de AEE (2010) detalla la potencia instalada en cada Comunidad Autónoma y el reparto por promotores y fabricantes. <http://www.aeeolica.es/userfiles/file/notas-de-prensa/2011/110120%20NP%20Sector%20eolico%20instalo%201516%20MW%20en%202010%281%29.pdf>

de discusión en el Congreso, conserva los objetivos citados para las instalaciones en tierra pero reduce significativamente la eólica marina desde 3000 MW a

500 MW y no menciona los 370 MW de la minieólica.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
16	La energía eólica permite cubrir el 30% de la demanda eléctrica.	Antes 2015-2020	64	24	2	11	3	24	73
17	Se alcanzaran costes de fabricación inferiores a 200 EUROS / m ² (costes actuales 300 EUROS m ²).	2016-2020	10	68	20	3	3	44	54
18	Utilización generalizada de aerogeneradores cuya potencia sea del orden de 5 MW	2016-2015	39	46	12	4	4	41	56
19	Utilización generalizada de aerogeneradores con diseños innovadores incorporando nuevos materiales y tecnologías.	2016-2020	11	37	51	2	13	59	29
20	Utilización generalizada de Parques Eólicos con sistemas de acumulación avanzados conectados a red.	2016-2025	50	17	31	2	19	49	32
21	Utilización generalizada de la eólica marina, plantas "off-shore"	2016-2020	33	28	31	8	3	54	42
22	Desarrollo de la energía eólica marina flotante mediante conceptos innovadores: plataformas, estructuras y sistemas de anclaje.	2016-2026	16	26	53	5	17	53	29
23	Desarrollo de aplicaciones minieólicas	2016-2020	16	42	6	36	2	27	71
24	Utilización generalizada de aerogeneradores aislados multipropiedad conectados a red.	2016-2020	31	40	5	24	0	24	76
25	Utilización generalizada de sistemas híbridos para aplicaciones aisladas.	2016-2020	20	22	20	37	2	47	51
26	Desarrollo de herramientas, modelos de simulación y métodos de predicción para la producción de energía.	Antes 2015	39	12	47	2	44	32	24

Los temas propuestos tendrán impacto a corto plazo, antes del 2020, sobre el sistema energético son el **16**, la energía eólica cubre el 30% de la demanda eléctrica que tendrá un impacto muy alto sobre el sistema energético, y las aplicaciones minieólicas, **tema 23**, Conseguir aerogeneradores con diseños innovadores mediante nuevos materiales y tecnologías, **tema 19**, que tendrá impacto sobre el desarrollo científico y tecnológico puede ser abordado competitivamente en base a las capacidades tecnológicas existentes.

El papel de la energía eólica en la cobertura de la demanda eléctrica ha crecido continuamente durante los últimos años. En nuestro país. En el 2010 ha sido la tecnología de mayor producción con repetidos máximos puntuales en la cobertura de la demanda, cubriendo el 16,6 % de la demanda nacional, la tercera en la estructura de generación por detrás de la nuclear y los ciclos combinados. Las previsiones indican que continuará creciendo en el 2011 contribuyendo a que las energías renovables aumenten su participación en la estructura de generación, reduciendo la dependencia y las emisiones de CO₂ para responder al previsible aumento de la demanda cuando empiece la recuperación económica. La superación de los objetivos previstos por el PER 2010-2020 y el potencial de crecimiento en todo el mundo, superior al 18% anual, suponen una oportunidad para la industria española que le permite poder abordar competitivamente instalaciones en otros países, como los mercados emergentes de China, India y países de Ibero América. Las capacidades industriales son muy altas, posición favorable que refleja el esfuerzo realizado en I+D+i por el sector. Es necesario un esfuerzo por parte de los responsables para consolidar y mejorar esta

situación competitiva ya que los obstáculos son legislativos, la normativa y la regulación, y se requiere el apoyo por parte de las administraciones.

La necesidad de nuevos diseños de aerogeneradores basados en materiales y tecnologías innovadoras, tema 19, surge porque actualmente las innovaciones en palas, sistemas eléctricos y generadores están basadas en los desarrollos producidos durante los últimos diez años. Recientemente el análisis de las patentes publicadas muestra un aumento en el número de las dedicadas a sensores y sistemas de control que permitan optimizar la operación y su incorporación a la red eléctrica, Conseguir mejorar la eficiencia y reducir los costes requiere nuevos desarrollos basados en tecnologías innovadoras por lo que presentan una oportunidad para nuestra industria. Se trata de reducir el peso de los componentes, disminuir los costes de fabricación, solucionar problemas físicos de acceso a los emplazamientos que dificultan el transporte, mejorar el ensamblado de torres, palas y turbinas, mejorar la operación, sistemas de control y monitorización en tiempo real, diseños de turbinas que faciliten la integración de la producción en la red como generadores asíncronos así como el mantenimiento.

Respecto a la situación del mercado, en 2010 se presentaron 29 nuevos modelos de turbinas en Europa por 21 empresas y en los próximos años se esperan 44 modelos de 33 compañías. Se dispone de una posición competitiva respecto a los países de nuestro entorno pero se detecta la necesidad de nuevos conocimientos científicos como base para conseguir desarrollos tecnológicos. Los obstáculos son principalmente legislativos y los derivados de falta de mecanismos de apoyo por lo que se necesita mantener la política de apoyo público y el impulso legislativo para dar estabilidad al sector,

clarificando el marco regulatorio y el sistema de tarifas., armonizando las legislaciones autonómicas y coordinar competencias con gobierno central. En el aspecto científico es necesario el desarrollo de nuevos materiales, turbinas más ligeras, reciclado de materiales para palas y la incorporación de sistemas de almacenamiento. que permitan a la industria nacional mantener su competitividad lo que hace necesario proyecto de I+D conjuntos entre centros de investigación y el sector industrial financiados adecuadamente. Las oportunidades aparecen en buscan la reducción de los costes de fabricación de turbinas, componentes, instalaciones y mantenimiento. La realización de estos dos temas incidirá sobre la reducción de los costes de fabricación, **tema 17**, con alto impacto sobre la industria y el mercado, para el que la posición está por encima de la media en capacidades industriales y de innovación pero que requiere disponer de mayores capacidades tecnológicas.

Los **temas 23**, las aplicaciones mini eólicas, y el **24**, la amplia utilización de los generadores aislados multipropiedad, están comprendidos entre las cinco hipótesis mejor valoradas de todo el cuestionario. En ambos casos, se dispone de una posición industrial muy competitiva y se cuenta con capacidad de innovación, Las aplicaciones minieólicas agrupan instalaciones con potencias hasta 10 kW con un diámetro inferior a los 15 metros y un área de barrido menor de 200 m².

Frente a la tendencia actual dominante de grandes aerogeneradores, surge la oportunidad de los nuevos desarrollos de máquinas eólicas de pequeña potencia para las que existe un amplio mercado potencial en todo el mundo, ya que suponen una continuación en la mejora de la fiabilidad y la eficiencia de los

aerogeneradores con gran número de aplicaciones. También se ha producido un aumento de escala en la oferta de máquinas pequeñas ya que hasta ahora la mayor oferta del mercado estaba en el entorno de aerogeneradores de potencia nominal en el entorno de 1 kW y solo para aplicaciones conectadas a baterías, mientras que se está evolucionando hacia aerogeneradores del entorno de 5 kW con capacidad de operar tanto aislados como conectados a la red.

Un aerogenerador de 2,5 kW produce 2.000 -3.000 kWh lo que evita la emisión de 1,4 toneladas de CO₂ anualmente y es suficiente para cubrir el consumo típico de una vivienda familiar. Su impacto visual es menor que el de las grandes máquinas y puede instalarse al lado del consumo reduciendo los costes de conexión a la red, pueden funcionar con vientos moderados y su instalación es relativamente sencilla aunque se requieren desarrollos normativos sobre ruido y especificaciones de operación. El mercado de los pequeños aerogeneradores es un mercado prometedor con un número creciente de fabricantes, y al que, actualmente, se están uniendo los fabricantes de grandes aerogeneradores que empiezan a realizar incursiones en este sector, atraídos por sus posibilidades.

Entre las distintas formas de utilización de la energía del viento con fines de aprovechamiento energético, el área de los sistemas aislados para producción de energía eléctrica en aquellos lugares donde no llega la red eléctrica, representa uno de los sectores con mayor potencial de crecimiento. Los pequeños aerogeneradores permiten desarrollar aplicaciones específicas como bombeo de agua, carga de baterías, desalación, producción de frío o telecomunicaciones con la ventaja de poder combinarse con otras aplicaciones híbridas como eólico-gas, eólico-diesel

lo que permite adaptarse a diferentes entornos rurales, residenciales o urbanos.

En el caso de sistemas eólicos para electrificación rural (redes locales), ya se están instalando aerogeneradores similares a los utilizados en las plantas conectadas a red, en paralelo con grupos diesel. Una oportunidad para este tipo de instalaciones surge en áreas urbanas incorporando las turbinas en la infraestructura de la ciudad, como se verá más adelante en el apartado de integración de renovables en la edificación.

Los objetivos para conseguir mejorar su penetración en los mercados se centran en conseguir soluciones tecnológicas que permitan disminuir los costes de estos pequeños aerogeneradores y aumentar su fiabilidad, al igual que una mejor adaptación a las condiciones de funcionamiento necesarias para las distintas aplicaciones. Desde el punto de vista tecnológico existen diferentes equipos en el mercado aunque sin una tecnología dominante y con diversos valores de eficiencia y operación. Se están desarrollando normas de fabricación y mecanismos de certificación que faciliten la instalación de este tipo de aerogeneradores, en particular en lo referente a criterios de conexión, calidad, ruido y vibraciones. La industria nacional tiene un papel preponderante en el sector dominando el mercado frente a los proveedores de otros países y las empresas promotoras son líderes en instalaciones.

El principal obstáculo es legislativo, el quinto más alto, y no existe regulación específica sobre la conexión a la red de este tipo de instalaciones y se requiere apoyo a la certificación así como los criterios de calidad, operación y mantenimiento. Se recomienda el desarrollo de proyectos conjuntos

entre centros de investigación y tecnológicos con empresas para diseñar instalaciones de ensayo, elaborar los procedimientos de certificación de las máquinas y sus componentes, ensayo de prototipos mediante estudio dinámico de las palas, análisis de ruido caracterización de potencia y seguridad. Se requiere el apoyo de la administración para regular el sector, la creación de la normativa ya citada, a nivel nacional y local, que contribuirá a mejorar los equipos.

Un tema para el que existen capacidades científicas es el **26**, el cuarto mejor valorado de todo el cuestionario, desarrollo de herramientas, modelos de simulación y métodos de predicción que contribuyan a mejorar la integración en la red de la energía producida. La intermitencia asociada al recurso y su influencia en la generación requiere conocer los parámetros característicos del viento asociados a las condiciones geográficas de los emplazamientos. Estos datos son necesarios para elaborar la planificación de la operación de los parques eólicos aprovechando al máximo su capacidad. En algunas aplicaciones, como la minieólica o las instalaciones urbanas conocer estos datos es un factor crítica para la producción de energía y el rendimiento.

El **tema 21**, aplicaciones offshore, presentan oportunidades basadas en las capacidades tecnológicas de que se dispone. Los objetivos se dirigen a conseguir generadores de mayor potencia, entre 8 y 10 MW, diseños más eficientes con menor mantenimiento. La eólica marina puede suponer una oportunidad para la industria nacional aprovechando las capacidades científicas, tecnológicas e industriales, de que se dispone ya que a pesar de situación, el mercado en Europa creció en un 50% durante 2010 alcanzando 2.964 MW. Las previsiones de la Asociación Europea de Energía Eólica, EWEA,

indican que en 2011 se espera conectar entre 1000 MW y 1500 MW nuevos. España no dispone de ninguna instalación en alta mar aunque hay varios proyectos en fase de estudio y aprobación por un total de 6.700 MW, según los datos de EWEA. Los objetivos del PANER 2011-2020 fijaban alcanzar los 3.000 MW de eólica marina al final del plan, sin embargo, como se ha señalado anteriormente, el borrador publicado del PER 2011-2020 lo reduce a 750 MW, en contra de las previsiones de crecimiento de este tipo de instalaciones en el resto de Europa. De aprobarse el PER en su redacción actual, esta decisión afectaría negativamente a la posición competitiva de la industria nacional.

Disponemos de una industria de componentes muy desarrollada y de empresas bien posicionadas en los mercados por lo que las oportunidades surgen en torno al diseño de plataformas flotantes, construcción de sistemas estructurales para conexión y evacuación de energía en los que se podría involucrar a la industria naval. Para bordar estos desarrollos se cuenta con la fortaleza que supone la existencia de una industria de fabricantes de componentes, servicios, promotores-productores y de electrónica de potencia. Existe capacidad para generar riqueza en otros sectores y se desarrolla toda la cadena de valor: promoción, construcción, fabricantes y servicios íntegramente por agentes nacionales. El 76% de las turbinas instaladas en nuestro país en el año 2007 fueron fabricadas por compañías nacionales. La industria exportadora de equipos, servicios y tecnología con compañías españolas figuran entre los primeros fabricantes de turbinas y propietarios de parques eólicos en todo el mundo.

5.4. Solar fotovoltaica

El mercado fotovoltaico muestra una tendencia continuada al crecimiento durante los últimos años. Los primeros datos sobre su evolución⁽³⁷⁾ durante 2010 indican que ha sido el año en que creció más rápidamente al instalarse más de 16 GW que supone un crecimiento del 100% sobre el año anterior. Con estos valores el mercado mundial ascendería a 39,5 GW, frente a los 22,9 GW existentes en 2009. Los países europeos suponen el 76% de este mercado, 29,2 GW, seguido de Japón, 3,6 GW, Estados Unidos, 2.700 MW, China, 893 MW, Canadá y Australia con 200 MW. Se espera un aumento significativo en Corea del Sur, Taiwán, India, Malasia y Tailandia. En 2010 se instalaron en Europa alrededor de 13.000 MW alcanzándose una capacidad total de 29.200 MW capaz para cubrir las necesidades de diez millones de hogares europeos. Entre las razones de este aumento, ha sido la energía renovable de mayor crecimiento, se pueden citar el descenso en el precio de la energía y el mayor número de aplicaciones desarrolladas que ha despertado el interés de los inversores en base a políticas de apoyo puestas en marcha por los distintos gobiernos. La tendencia continuada a la reducción de costes hace que se pueda considerar una tecnología consolidada capaz de contribuir a la descarbonización del sistema energético y contribuir a conseguir los objetivos para el 2010. Al igual que en 2009, ha sido Alemania el primera mercado, 7.400 MW en nuevas instalaciones sumados a los 9.800 MW ya existentes, seguido de Italia y la República Checa con más de 1.000 MW y, a continuación, Bélgica, Francia y España.

⁽³⁷⁾EPIA (2010). Datos no consolidados a partir de valores provisionales suministrados por las distintas agencias y suministradores.



El desarrollo del mercado fotovoltaico dependerá de su competitividad económica por lo que crece continuamente al reducirse los precios, que, en algunos casos, es de 2,5 €/kWp. El informe Solar Generation 6 publicado recientemente por EPIA⁽³⁸⁾ señala que la electricidad fotovoltaica ha disminuido sus costes en un 40% desde 2005 y se espera un descenso igual antes del 2015 por lo que se alcanzará la paridad de red en muchos países si se mantiene la tendencia de reducción en el precio de los paneles y la progresiva eliminación de las subvenciones a los combustibles fósiles. Un informe⁽³⁹⁾ publicado en 2010 compara los costes de la electricidad fotovoltaica con la energía que producirán las futuras centrales nucleares en el estado de Carolina del Norte, EE.UU. Los resultados indican que la tendencia continua al descenso en precio de la fotovoltaica se cruzará con la subida de la nuclear en 2010 y será competitiva con ella, sin apoyos de ningún tipo, en 2030.

Según los datos de EPIA (2010) el comportamiento del mercado seguirá creciendo aunque con menor rapidez que en los dos últimos años. Los precios seguirán descendiendo por el aumento en la capacidad de producción de las células fotovoltaicas pero se frenará la tendencia actual de aumento en el mercado europeo por los cambios en las políticas de apoyo que se están produciendo en países como la República Checa y España junto el menor crecimiento en mercados de Grecia, Portugal, Reino Unido y Bélgica. Fuera de Europa se espera que Estados Unidos superará 1 GW, así como el crecimiento en China, y la India en función de cómo se pongan en marcha las distintas medidas de apoyo anunciadas y de su eficacia.

El sector fotovoltaico se enfrenta actualmente a una encrucijada en su tendencia de desarrollo. Las políticas y mecanismos de apoyo puestas en marcha por los diferentes gobiernos han conseguido movilizar el mercado ayudando a las tecnologías a demostrar su viabilidad económica y reducir sus costes. Recientemente estas políticas han sido suspendidas o eliminadas por recortes presupuestarios debidos a la crisis económica por lo que los fabricantes europeos buscan otros países, como China, donde no se han producido estas reducciones para desarrollar sus productos con las repercusiones sobre la competitividad de la UE que eso supone. El éxito de las tarifas fotovoltaicas para abrir nuevos mercados ha tenido un coste seis veces inferior al de las subvenciones que actualmente reciben los combustibles fósiles sin contar con las ayudas para el desarrollo de las tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂.

Para los próximos cinco años se estima posible alcanzar 180 GW fotovoltaicos en todo el mundo en 2015 y 350 GW en 2020, según las estimaciones basadas en los 39 GW alcanzados en el último año. El aumento en la capacidad de producción y los avances tecnológicos permitirán que los paneles fotovoltaicos cubran en 9% de la demanda energética mundial en 2030 y alcanzar el 20% en 2050 consolidando su papel como tecnología de generación en un nuevo sistema energético sostenible.

El desarrollo a más largo plazo está sujeto a incertidumbres, económicas y tecnológicas, con previsiones muy diversas. Energy Report⁽⁴⁰⁾ considera

⁽³⁸⁾http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_docs/documents/Solar_Generation_6__2011_Full_report_Final.pdf&t=1305369412&hash=36c95819bf99024a734ac727fd02f271

⁽³⁹⁾Solar and Nuclear Costs-The Historic Crossover. http://www.ncwarn.org/wp-content/uploads/2010/07/NCW-SolarReport_final1.pdf

⁽⁴⁰⁾http://assets.wwf.org.uk/downloads/2011_02_02_the_energy_report_full.pdf

la energía fotovoltaica como una tecnología crítica para conseguir el objetivo del 100% de energías renovables en 2050 y cumplir el objetivo de reducir las emisiones en un 80% sobre los valores actuales.

En nuestro país la contribución del sector fotovoltaico al PIB ascendió a un total de 2.700 millones de euros en 2009, un aumento del 123% respecto al año anterior, según el informe de APPA (2010), que supone el 44% de la contribución de todas las energías renovables. Estos datos reflejan la entrada en operación de la potencia instalada a lo largo del año 2008, superior a los 2.300 MW, un 295% superior al existente en 2007, que generaron ingresos por importe de 2.700 millones de euros. Sin embargo estos datos llevan a que a finales del año 2009 la energía fotovoltaica superase en un factor 9 los objetivos contemplados en el PER 2005-2010. A finales de ese año 2009, la potencia fotovoltaica era de 3.499 MW frente al objetivo de 400 MW. Se genera así un déficit de tarifa, el importe de las

primas recibidas por las energías renovables por su aportación al sistema eléctrico nacional. Como consecuencia se modifica el marco regulatorio vigente lo que crea una barrera para el desarrollo del sector a lo que se une la crisis económica. Como consecuencia ni el aumento de potencia instalada ni las exportaciones de equipos de los fabricantes españoles generan empleo, se destruyeron 15.000 puestos de trabajo en 2009.

La tabla siguiente muestra los temas propuestos en el cuestionario, destacando las capacidades científicas para los temas relacionados con la necesidad de nuevos conocimientos, científicos y tecnológicos para conseguir desarrollar nuevos materiales, la fotosíntesis artificial y módulos fotovoltaicos de mayor eficiencia, resaltando su papel como factor clave para el desarrollo del sector.



N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
27	La energía fotovoltaica permite cubrir el 15% de la demanda eléctrica en 2020	2021-2025	48	28	17	7	4	32	64
28	Desaparición de la tarifa fotovoltaica y establecimiento generalizado del "NET Metering" (medidas para incentivar su uso compensado económicamente a los que generan su propia energía.), que la energía generada se pueda compensar con la consumida aunque los tiempos de generación y consumo sean distintos, como sistema de desarrollo de esta energía.	2016-2020	36	24	4	36	2	21	77
29	Desaparición de la tarifa fotovoltaica y utilización de esta fuente de energía en base a su viabilidad tecnológica y económica dentro de un marco político y regulatorio estable.	2021-2015	39	43	7	11	2	31	67
30	Desarrollo de tecnologías que consiguen reducir a menos de seis meses el tiempo necesario para que un sistema fotovoltaico devuelva la energía utilizada en su fabricación.	2016 Más allá 2025	10	35	50	5	22	49	29
31	Desarrollo de módulos fotovoltaicos de lámina delgada con eficiencias superiores al 15%.	2016-2020	3	33	61	3	31	56	14
32	Desarrollo de módulos cristalininos con eficiencias superiores al 22%.	2016-2025	6	37	51	6	44	41	15
33	Utilización generalizada del uso de la electricidad fotovoltaica en sistemas descentralizados en medios rurales en países en desarrollo.	2016-2020	11	11	4	73	0	16	84
34	Utilización generalizada de sistemas de concentración fotovoltaica.	2016-2025	37	33	28	2	0	54	46
35	Desarrollo de soluciones innovadoras para la integración en red como inversores y dispositivos de almacenamiento.	2016-2025	38	23	38	3	14	62	24
36	Desarrollo de tecnologías de fotosíntesis artificial con conversión solar superior al 3%	Más allá 2025	11	4	71	14	68	14	18
37	Desarrollo de nuevos materiales fotónicos y optimización de métodos de absorción de radiación solar para conseguir mejores eficiencias de conversión.	2016-2020	6	12	79	3	72	16	13
38	Generalización del uso de electricidad fotovoltaica en pequeños sistemas de decenas o centenas de KW conectados a la red.	2016-2025	56	26	0	18	3	24	74

La favorable posición industrial existente para los **temas 27 y 28**, la energía fotovoltaica cubre el 15% de la demanda en 2020 y la desaparición de la actual tarifa estableciéndose el *"Net Metering"*, dibujan el escenario estratégico actual del sector. Están muy relacionados con el 29, el uso de la energía fotovoltaica en base viabilidad tecnológica y económica para el que también se cuenta con altas capacidades industriales. Estos temas se considera que tendrán un impacto por encima de la media sobre el sistema energético, cuyo desarrollo depende de resolver los obstáculos causados por la actual situación buscando alcanzar un equilibrio entre el crecimiento de las instalaciones, evitando la burbuja especulativa, y crear un entorno regulatorio adecuado para asegurar las inversiones. La penetración en el mercado de la fotovoltaica depende de su competitividad tecnológica y económica, alcanzando la "grid parity" es decir el precio del kilovatio fotovoltaico equivalente al precio del mercado.

Para este tema se cuenta con una alta capacidad que permitirá reducir los costes de fabricación mediante tecnologías innovadoras, mejorar el rendimiento de los procesos y reducir costes de instalación en función de nuevos materiales. También hay que conseguir aumentar la vida de los módulos, el objetivo de la industria es llegar hasta los 40 años en 2030, así como mejorar los sistemas de acondicionamiento de potencia y la incorporación de tecnologías almacenamiento. El descenso en el precio de los módulos favorecerá su incorporación en edificios oficiales, centros comerciales, parques tecnológicos o polígonos industriales y servirá para impulsar el diseño de redes locales con sistemas de gestión de energía propios, conectados a la red o independientes. Como se verá al hablar de la integración de las renovables en la edificación, el sector de la construcción abre un amplio mercado para el uso de paneles más eficientes

que se debería impulsar por la regulación de estas instalaciones con criterios flexibles, simplificación de los trámites administrativos y el establecimiento de tarifas que favorezcan la venta del exceso de producción.

Como se ha indicado anteriormente, el desequilibrio producido por el crecimiento del mercado durante el año 2008 y el impacto de la tarifa fotovoltaica han modificado radicalmente la tendencia al crecimiento del sector, basada en el modelo retributivo fijado por los Reales Decretos 436/04 para pequeñas instalaciones y 661/07 de apoyo a las renovables. Ya se ha citado en las páginas anteriores la evolución de las políticas relacionadas con las energías renovables en España que han llevado al cambio de modelo retributivo y el Real Decreto 6/2009 donde aparece el registro de pre-asignación de retribuciones para las instalaciones de régimen especial que han repercutido directamente sobre el sector. Como resultado se genera un déficit, causado por la diferencia entre el coste de producción y el precio de la energía, que lleva al Gobierno a reducir el importe de las ayudas en diciembre de 2009 fijando unos máximo de horas de operación en función de los distintos sistemas utilizados en las plantas fotovoltaicas. Los desarrollos futuros del sector dependerán de cómo se resuelva el dilema creado mediante un análisis coste-beneficio, el interés por disponer de una energía limpia con potencial para cubrir la demanda y el mejor uso de los recursos económicos disponibles. Los costes deben analizarse en función de la tendencia a la reducción en el precio del kW en base a los avances tecnológicos junto con su contribución a reducir la dependencia exterior y disminuir las emisiones.

El impacto de esta situación sobre la industria fotovoltaica y las inversiones ha generado una gran incertidumbre sobre cuál será el desarrollo futuro

del sector que afecta a los proyectos en fase de construcción, las inversiones, la creación de empresas y los proyectos para nuevas instalaciones.

Los **temas 31, 32 y 37** están relacionados con nuevos materiales para células y módulos solares. Las favorables capacidades científicas de que se dispone permiten abordar su desarrollo en una situación ventajosa frente a países de nuestro entorno. El silicio es el material que se utiliza en la llamada primera generación de materiales fotovoltaicos debido a su eficiencia respecto al efecto fotoeléctrico y por ser el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre formando sílice. Sin embargo, la fabricación de células solares requiere conseguir un alto grado de pureza lo que supone procesos de fabricación muy costosos que consumen gran cantidad de energía. El silicio multicristalino, y el silicio amorfo son alternativas de fabricación cuyos costes son menores. La segunda generación de células está formada por los materiales fotovoltaicos de lámina delgada policristalinas que se fabrican depositando capas consecutivas de átomos, moléculas o iones de materiales como el diseleniuro de cobre e indio o telurio de cadmio y silicio, sobre un sustrato adecuado. Los procesos de fabricación se pueden automatizar y escalar fácilmente abaratando los costes de producción.

Desarrollos futuros, la llamada tercera generación, agrupa dispositivos semiconductores totalmente distintos a los anteriores, tecnologías de ruptura actualmente en fase de laboratorio, como células electroquímicas, células solares poliméricas y cristales fotónicos. El objetivo es conseguir absorber el máximo de luz y convertirla en electricidad utilizando la menor cantidad posible de material sin perder eficiencia. El desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología ofrecen grandes posibilidades para

el desarrollo de los nuevos materiales fotovoltaicos, al permitir construir estructuras mediante la manipulación directa de los átomos y las moléculas.

Los objetivos de las líneas de investigación son disminuir el coste del por vatio producido. Las previsiones de los fabricantes, basadas en el crecimiento del mercado global en los próximos años, esperan conseguir reducciones del 50% respecto a los precios de 2010. Esto supone oportunidades para la búsqueda de nuevos materiales con mayor eficiencia basados en elementos más abundantes que algunos de los que hoy se utilizan en las células, como el telurio, o menos tóxicos que el cadmio. Las compañías españolas están bien posicionadas en los mercados pero deben proteger sus ventajas competitivas incorporando capacidades a lo largo de toda la cadena de fabricación de los módulos. El proyecto PowerSI, puesto en marcha dentro de los proyectos singulares estratégicos del MICIIN, tiene como objetivo construir una planta piloto de purificación de silicio desarrollando una tecnología nacional. Como elemento innovador el proyecto integra toda la cadena de procesos desde la materia prima hasta la célula solar, tecnologías de purificación, cristalización y fabricación. Constituye una excelente oportunidad para que la industria nacional consolide su posición en los mercados internacionales incorporando capacidades propias.

Con respecto a la fotosíntesis artificial, tema 36, se basa en la disociación del agua en hidrógeno y oxígeno, mediante células foto electroquímicas formadas por una foto cátodo semiconductor y un cátodo metálico rodeados por un electrolito. Uno de los materiales empleados para la fabricación de los electrodos es el óxido de titanio, muy abundante en la naturaleza, que al recibir la luz del sol emite electrones que disocian directamente

las moléculas de agua produciendo hidrógeno y oxígeno. El proceso es similar al de la fotosíntesis y se han conseguido en el laboratorio eficiencias de conversión del 10% y se espera poder alcanzar valores teóricos del 33%. Este tipo de células se están utilizando para convertir directamente la energía de los fotones en hidrógeno pero con eficiencias actuales muy bajas, lejos del 10% que representaría la viabilidad económica. Los procesos electroquímicos que se desarrollan en las células solares no son perfectamente conocidos por lo que aparecen oportunidades en investigación basadas en las capacidades científicas de que se dispone.

El **tema 33**, utilización de electricidad fotovoltaica en sistemas descentralizados, resalta el hecho de que las energías renovables están especialmente indicadas para los países en desarrollo en áreas rurales y remotas, lejos de las redes de distribución, donde la producción local de energía es una alternativa viable. Es un tema considerado con impacto social muy alto, el más elevado de todo el cuestionario. El desarrollo de proyectos en estos países ha demostrado que las energías renovables contribuyen a mejorar la calidad de vida de la población disminuyendo la pobreza y mejorando la calidad de vida, al permitir el acceso a la electricidad necesaria para la iluminación, la cocina o la climatización, a la vez que impacta favorablemente en la creación de empleo y el desarrollo de nuevos negocios. La favorable posición competitiva de nuestra industria fotovoltaica le permite poder acceso a los nuevos mercados que se desarrollen en estos países.

La consolidación de la energía fotovoltaica como una alternativa de generación en la estructura de suministro energético ofrece oportunidades para el **tema 38**, generalización del uso de electricidad

fotovoltaica en pequeños sistemas de decenas o centenas de kW conectados a la red. Se dispone de capacidades industriales para facilitar la utilización de estos sistemas en numerosas aplicaciones, como climatización, consumo en granjas o industrias lejos de la red, contribuyendo a reducir los picos de demanda a la vez que disminuye el coste para el usuario al vender el exceso de producción a la misma empresa suministradora a la que está conectado. Las soluciones tecnológicas existen incluyendo la monitorización y control de operación, pero aparecen obstáculos importantes referentes a la legislación que debe analizarse para buscar soluciones,

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por los módulos y los dispositivos para acondicionamiento de potencia para conectarlos a la red. Los módulos están formados por agrupaciones de células formando una única unidad, soldándolas entre sí y encapsuladas en vidrio para aumentar la corriente producida. Existen diferentes tamaños de módulos, y se fabrican con distintos materiales, buscando siempre el conseguir la mayor eficiencia y duración. Permiten adaptarse al espacio disponible, son robustos y los fabricantes garantizan su funcionamiento durante 25-30 años. Pueden funcionar con la luz directa o radiación difusa que supone entre el 10 y el 20% de la radiación total y si el cielo está completamente cubierto, alcanzar el 100%. Incorporan sistemas de seguimiento para seguir la trayectoria solar, basados en los datos astronómicos disponibles sobre la inclinación de los rayos solares en el emplazamiento elegido, las horas de salida y puesta del sol. Integrados en un programa informático permiten controlar el desplazamiento de los módulos, consiguiendo mayor eficiencia en su utilización. Los desarrollos más avanzados, denominados sistemas inteligentes, incorporan datos

adicionales recogidos mediante sensores como las condiciones meteorológicas y otros factores que afecten a la radiación para optimizar la orientación de los módulos en todo momento. Son capaces de funcionar en condiciones de luz difusa, nubosidad o utilizando luz reflejada. Estas ventajas repercuten en el coste de los módulos y las instalaciones por lo que deben ser tenidos en cuenta en la viabilidad económica del proyecto. El objetivo de programas de I+D como SunShot⁽⁴¹⁾ desarrollado por el DOE en Estados Unidos es conseguir reducir los costes de los sistemas en un 75% para 2020, para que el precio por sea de un dólar por vatio instalado en 2017.

Para formar un sistema fotovoltaico completo se necesita además del conjunto de módulos una serie de componentes para acondicionar la corriente producida y su utilización, como inversores, interruptores o baterías que forma el denominado balance del sistema. Existen diferentes configuraciones para conectar estos sistemas a las aplicaciones: directamente, a través de una batería, aislados o conectados a la red. Los inversores se utilizan para transformar la energía continua generada por las células fotovoltaicas en energía alterna para ser utilizada en la red eléctrica. Se considera el elemento más complicado del sistema fotovoltaico ya que realiza más funciones que cualquier otro. Actúa como interfase de conexión entre los módulos, las aplicaciones donde se utiliza la electricidad y la red eléctrica o las baterías, lo que le obliga a tener en cuenta las variaciones en la radiación solar, el número de aplicaciones conectadas, su consumo y los cambios en el voltaje de la red eléctrica para garantizar en todo momento la operación del sistema y el cumplimiento de todas las normas de seguridad eléctrica y calidad de potencia aplicables. Se dispone de altas capacidades tecnológicas para

conseguir incorporar soluciones innovadoras en los módulos, **tema 35**, lo que ofrece una oportunidad estratégica a la industria nacional.

Los sistemas de concentración, **tema 34**, están basados en enfocar la radiación solar sobre un área reducida del material fotovoltaico mediante sistemas ópticos formados por lentes y espejos, como una lente de Fresnel. En su diseño se suele incluir un sistema de seguimiento del movimiento del sol en el área donde esté instalado para recoger y concentrar sobre el material la máxima cantidad de luz solar disponible en todo momento, mejorando así su rendimiento. Como ejemplo, para una irradiación de 100 soles, $1 \text{ sol} = 1.000 \text{ W/m}^2$, un centímetro cuadrado de una célula solar produce la misma electricidad que 500 cm^2 sin el sistema de concentración. Se consigue así utilizar menor cantidad de material, con el consiguiente ahorro en los costes de fabricación, y a su vez permite emplear materiales más eficientes, como el arseniuro de galio, aunque sean más costosos. Sin embargo, los equipos ópticos necesarios para recoger y concentrar la radiación, el sistema de seguimiento y la necesidad de refrigerar los materiales y componentes por las altas temperaturas que se alcanzan, supone un diseño más complejo de la instalación y la introducción de costes adicionales. Se dispone de capacidades tecnológicas e industriales para poder abordar estos desarrollos que se enfrentan a su competitividad económica ofreciendo oportunidades estratégicas, para lo que se recomienda reforzar la posición científica actual.

Disponemos de una industria muy competitiva que puede aprovechar el mercado en el sector de la edificación promoviendo la integración urbana de los

⁽⁴¹⁾<http://www1.eere.energy.gov/solar/sunshot/index.html>

sistemas fotovoltaicos. Un estudio de EPIA (2010)⁽⁴²⁾ indica que los países situados en torno a los 35 grados de latitud se caracterizan por su alta irradiación solar concentrando el 75% de la población mundial por lo que serán donde la demanda de electricidad crecerá más deprisa en los próximos veinte años. En estos países, la energía fotovoltaica podría ser la principal fuente de energía en 2030 lo que ofrece oportunidades de negocio para nuestra industria. En función de los distintos escenarios posibles analizados en el informe la potencia fotovoltaica podría situarse entre los 60 GW y los 250 GW en 2030 lo que a su vez incidiría en el descenso del precio del kW en un 66% respecto a los actuales por la economía de escala. El futuro de la tecnología fotovoltaica pasa por acelerar el desarrollo tecnológico impulsando el esfuerzo en I+D y la inversión industrial realizando un esfuerzo para crear redes de colaboración entre la industria y los centros de investigación para poder superar los obstáculos existentes y conseguir la reducción del coste de los sistemas actuales, la mejora de su eficiencia y una mayor vida media de las instalaciones. Las células actuales deben mejorar su eficiencia y conseguir mayores rendimientos.

5.5. Solar termoeléctrica

La producción de energía solar termoeléctrica está basada en recoger y concentrar la energía del sol produciendo calor que se convierte en electricidad mediante diferentes tecnologías. Un conjunto de espejos situados en el terreno enfocan la luz del sol sobre un receptor en el que se calienta un fluido a temperaturas del orden de 400 °C. Este calor se transforma en energía mecánica a través de un ciclo termodinámico basado en un fluido que transfiere el calor a través de una serie de intercambiadores

produciendo vapor sobrecalentado acoplado a una turbina. Las tecnologías se agrupan en plantas de torre, colectores lineales y discos Stirling. La comparación con la solar fotovoltaica respecto a costes y beneficios presenta puntos comunes al utilizar el mismo recurso como fuente renovable pero se diferencian en cómo se ha desarrollado la tecnología, su estado actual y en sus características de operación. Un aspecto a destacar es que la termoeléctrica incorpora tecnologías de almacenamiento lo que le permite evitar el impacto de la variabilidad en la radiación solar en la generación y poder gestionar la demanda. La incorporación de tecnologías para el almacenamiento permite su explotación a gran escala, asegurando el suministro, lo que la hace a la energía termosolar muy competitiva en costes respecto a otras renovables.

La energía solar termoeléctrica empieza su desarrollo a finales de los años setenta, después de la primera crisis del petróleo al tratar de buscar fuentes de energía alternativas para reducir la dependencia existente de los combustibles fósiles. Como resultado de las investigaciones en diversos laboratorios, entre 1984 y 1990 se construyó el complejo termosolar SEGS, Solar Electric Generating Systems, compuesta por 9 plantas termoeléctricas en el desierto de Mojave, Estados Unidos, con una capacidad de 354 MW que hoy en día sigue suministrando electricidad a la red. Esta primera fase de desarrollo se frena al disminuir los precios del petróleo cortando la financiación de proyectos y líneas de investigación por lo que no se construyen nuevas instalaciones hasta que en los años noventa resurge un renovado interés por esta energía por sus ventajas como recurso renovable. La continuidad en la investigación en países como España o Alemania ha permitido el desarrollo actual de plantas comerciales,

⁽⁴²⁾Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics European Photovoltaic Industry Association. Octubre 2010.

construidas o en proyecto de construcción, en numerosos lugares donde las condiciones son favorables a los emplazamientos, sobre todo en España y Estados Unidos. La industria europea es líder del sector termoeléctrico y nuestras empresas y centros de investigación ocupan un lugar destacado en los desarrollos que actualmente se llevan a cabo.

El mercado para esta energía solar empezó su despegue durante los últimos, sobre todo a partir de 2008, empujado por las instalaciones y proyectos iniciados en España. En 2009 se conectaron 175 MW a la red eléctrica mundial, lo que supone un aumento del 35% sobre la capacidad existente anteriormente, alcanzando una potencia instalada total de 698 MW, lo que representa 1,4TWh/año. Un estudio realizado por la European Solar Thermal Electricity Association, ESTELA⁽⁴³⁾, estima que la solar termoeléctrica sigue una tendencia de penetración en los mercados creciente, con 12 GW en 2015, 30 GW en 2020 y se podría conseguir alcanzar 100 GW en 2015 si el escenario regulatorio y legislativo es el adecuado en función de los desarrollos científicos y tecnológicos alcanzados durante los últimos años. El estudio indica que conseguir esta capacidad termoeléctrica supondría la creación de 130.000 nuevos puestos de trabajo de los que 45.000 serían permanentes asociados a la operación y mantenimiento de las instalaciones.

Nuestro país tiene una capacidad instalada 332 MW en ocho plantas operativas a finales de 2009 a las que deben sumarse tres más en 2010, alcanzando un total de 548 MW. Las plantas autorizadas que entrarán en operación entre 2010 y 2013 supondrán un total de 48 instalaciones termosolares y 2007 MW de capacidad. La experiencia adquirida en la construcción de las plantas existentes y en el diseño de los proyectos en construcción sitúa a

nuestra industria en una posición competitiva basada en las mejoras que han sido incorporadas sobre los componentes y sistemas existentes buscando optimizar las inversiones lo que constituye una oportunidad para nuestras empresas creando valor de mercado para estos desarrollos innovadores.

Los datos publicados por APPA (2010) muestran que en 2009 la contribución de la solar termoeléctrica al PIB nacional fue de 277 millones de euros, el 3,2% del total aportado por el sector renovable. La potencia instalada durante ese año ha sido de 171 MW alcanzándose un total de 232 MW. La penetración en el mercado ha crecido en los últimos años, en 2008 había 61 MW que se comparan con los 11 MW existentes en 2007, debido a las consecuencias favorables del Real Decreto 661/2007. Datos del balance Energético de 2010 y perspectivas para 2011, indican que el sector termoeléctrico es el que más ha crecido en 2010, con una potencia instalada de 400 MW alcanzándose un total de 632 MW en 15 plantas en operación. Respecto a los objetivos del PER este dato significa que en 2009 se ha alcanzado el 56% de la potencia previsto para 2010, aunque existen 1.500 MW en desarrollo por lo que parece indicar que se alcanzara a cumplir el objetivos buscado. El PANER 2011-2020 fija para una potencia instalada de 1.379 MW de solar termoeléctrica en 2009 que deberá ser de 5.079 MW en el 2020. Sin embargo, el borrador publicado del PER 2011-2020, rebaja el objetivo final para el año 2020 a los 4.800 MW.

Los temas propuestos en el cuestionario tendrán impacto sobre el desarrollo científico-tecnológico y la industria a medio plazo, en el horizonte del 2016-2025, y se dispone de las capacidades tecnológicas

⁽⁴³⁾ESTELA (2010).

y científicas necesarias para poder abordar su desarrollo en condiciones competitivas. Los obstáculos se centran en los costes económicos

y, en menor medida, en la necesidad de nuevos conocimientos científico-tecnológicos para desarrollar nuevos sistemas.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
39	La energía solar termoeléctrica permite cubrir el 4% de la demanda de electricidad.	2016-2020	40	44	11	4	5	26	70
40	Aumentar la eficiencia de conversión solar-electricidad en un 20% (actualmente es del 15%)	2016-2020	23	20	57	0	24	54	22
41	Reducir los costes de instalaciones y equipos en un 20% respecto a los valores de 2009.	2016-2020	5	79	15	0	3	29	68
42	Utilización generalizada de centrales solares tipo torre.	2016-2020	28	33	35	5	10	41	49
43	Utilización generalizada de centrales solares de colectores cilíndrico parabólicos.	2016-2020	38	36	21	5	11	32	57
44	Utilización generalizada de centrales solares de colectores solares tipo Fresnel.	2016-2025	22	25	53	0	3	65	32
45	Utilización generalizada de centrales solares mediante discos Stirling.	2016-2025	15	38	44	3	6	58	36
46	Desarrollo de tecnologías que permitan mejorar la hibridación de sistemas en un 20%.	2016-2025	24	29	41	6	19	50	31
47	Desarrollo de tecnologías que permitan elevar la temperatura de operación a los 500 °C utilizando colectores cilíndrico-parabólicos.	2016-2020	14	34	51	0	15	70	15
48	Desarrollo de tecnologías de almacenamiento para sistemas de vapor directo.	2016 -2025	22	22	56	0	23	53	23
49	Desarrollo de sistemas de almacenamiento térmico para plantas solares termoeléctricas con costes de inversión inferiores a 20 €/kWt.	2021-2025	19	41	41	0	15	50	35
50	Desarrollo de otras aplicaciones: desalación, calor para procesos industriales, refrigeración y procesos químicos de alta temperatura y fabricación de hidrógeno.	2021-2025	9	47	41	3	19	53	28
51	Utilización de nuevos ciclos térmicos y sistemas de refrigeración que permitan reducir el consumo de agua sin pérdida de eficiencia.	2016-2025	4	39	46	11	20	56	24
52	Desarrollo de diseños y sistemas innovadores que permitan reducir la ocupación del suelo por MW instalado.	2016-más allá 2025	13	30	40	17	24	59	17

Las capacidades científicas y tecnológicas existentes en nuestro país permiten afrontar competitivamente el **tema 40**, aumentar la eficiencia de conversión de las plantas existentes en la actualidad. Se dispone de capacidades industriales y de innovación altas para conseguir reducir los costes de las instalaciones y equipos, **tema 41**, así como para el desarrollo de centrales de colectores solares tipo Fresnel, **tema 44**, el desarrollo de tecnologías para colectores cilíndrico-parabólicos con mayor temperatura de operación, **tema 47**, y soluciones alternativas para los sistemas de almacenamiento para su aplicación en los sistemas de vapor directo, **tema 48**.

Los dos primeros temas, 40 y 41, representan cuales son los objetivos que deben alcanzarse para conseguir que la energía solar termoeléctrica participe en la estructura de generación competitivamente con las tecnologías actuales. El objetivo de lograr que la solar térmica cubra el 14% de la demanda, tema 39, se conseguirá a corto plazo, antes del 2020, y existen las capacidades industriales para conseguirlo. Aumentar los valores de eficiencia actuales para la conversión de la energía solar en electricidad junto con el aumento de la temperatura de operación son objetivos fundamentales para demostrar la competitividad económica de las plantas lo que requiere conseguir nuevas soluciones en tecnologías, diseños y componentes, incluyendo el almacenamiento de calor, del que se hablará posteriormente. La excelente posición existente, científica y tecnológica, ha sido la causa de que España haya sido el país con mayor crecimiento en el sector termoeléctrico en los últimos años. Esta favorable situación ha permitido la construcción de nuevas plantas. La instalación Solucar, en San Lúcar la Mayor, Sevilla, ha sido la primera planta comercial conectada a la red eléctrica en todo el mundo. La PS 10

con una potencia de 11 MW formada por 624 espejos móviles que ocupan 120 metros cuadrados y una torre de 115 metros de altura. Es la primera planta de un instalación que generará 300 MW a finales de 2013, electricidad para 180.000 hogares que evitará la emisión de 600.000 toneladas de CO₂. La PS 20 tiene 165 metros de altura y el doble número de espejos. Andasol 1 2 y 3 en Granada, son plantas de 50 MW con espejos cilíndrico parabólicos que han sido las primeras comerciales de este tipo conectadas a la red en Europa. Entresol en Puertollano con 100 MW de espejo parabólicos, Alvarado 50 MW y Majadas con 50 MW en Extremadura, Ibersol de 50 MW en Ciudad Real o Gemasolar con 19,9 MW en Fuentes de Andalucía, Sevilla que es la primera planta termosolar con receptor de sales fundidas que le permite almacenar el calor durante 15 horas y operar sin radiación solar suministrando 110 GWh anuales, suficiente para abastecer 25.000 hogares.

El estudio citado de ESTELA (2010) es una hoja de ruta para conseguir demostrar la viabilidad comercial y la evolución de los costes durante los próximos años en función de los avances tecnológicos, la economía de escala y mejoras en eficiencia que podrían alcanzarse. Según sus resultados los costes de la generación termoeléctrica podrían reducirse en un 15% en 2015 y más del 50% en 2015, que podrían disminuir un 25% adicional en zonas de alta radiación solar, como los países del norte de África en los que proyectan instalaciones y se evalúa la posibilidad de crear infraestructuras de transporte para poder utilizar la electricidad en Europa, como se citó al hablar de los proyectos DESERTEC y el Plan Solar Mediterráneo. De acuerdo con los resultados del estudio, el coste de la electricidad sería inferior a los 10 céntimos de euro por kWh lo que permitiría a la solar termoeléctrica ser una de las tecnologías

capaces de contribuir a conseguir los objetivos 20-20-20 de la Unión Europea. Las respuestas recibidas en el cuestionario indican que los expertos consultados consideran posible conseguir una reducción del 20% sobre los costes del año 2009 a corto plazo, entre 2016 y 2020, un resultado, tema 41, que es compatible con los datos citados. Nuestras capacidades industriales nos coloca, en una inmejorable posición ya que se cuenta con la experiencia y los conocimientos científicos necesarios así como una larga historia de proyectos conjuntos entre los centros de investigación y las industrias del sector.

Las plantas actuales se basan en los proyectos que se han ido realizando durante los últimos años y que ahora entran en la fase de viabilidad comercial de las tecnologías que se clasifican en torre solar, colectores lineales y discos Stirling. Las tecnologías de torre utilizan espejos individuales para captar la luz del sol incorporando sistemas de seguimiento, helióstatos, y reflejarla hacia un receptor central situado en una torre. Se trata de una tecnología consolidada, cuyo rendimiento depende de alcanzar temperaturas entre 300° C y 1000° C y de los fluidos y ciclos termodinámicos empleados. Las centrales termosolares de colectores lineales concentran la radiación en un tubo receptor situado en el eje del colector por el que circula el fluido para extraer el calor. Existen dos versiones colectores cilíndrico parabólicos, por la forma de los espejos empleados, y las de tipo Fresnel formadas por un conjunto de espejos planos longitudinales colocados sobre una estructura paralela pero con inclinaciones diferentes buscando la mayor captación de la energía solar. Los discos Stirling concentran la luz mediante un espejo parabólico un motor sobre un receptor colocado en su punto focal donde se utiliza en un motor Stirling para generar potencia.

Se ha demostrado la viabilidad tecnológica de las distintas configuraciones y se trata ahora de demostrar cual podrá ocupar la mejor posición en los mercados ya que su competitividad dependerá del resultado de los proyectos comerciales puestos en marcha. Actualmente las tecnologías de torre y de espejos parabólicos son las que están en fase más avanzada. La viabilidad económica depende de factores específicos para cada una de las tecnologías y de una serie de obstáculos transversales a todas ellas. Entre estas barreras tecnológicas comunes se pueden citar la necesidad de aumentar la reflectividad de los espejos, incorporar diseños más efectivos de la configuración del campo solar para facilitar el montaje de los espejos, mejoras en las configuraciones de los circuitos de extracción de calor y los depósitos de almacenamiento y avances en el diseño de las turbinas. Además hay que buscar soluciones innovadoras para permitan reducir el mantenimiento de los espejos que deben ser limpiados periódicamente para eliminar la arena o el agua que se condensa en ellos por la diferencia de temperaturas reduciendo su reflectividad. Finalmente los avances tecnológicos deben buscar minimizar la ocupación de terreno necesario para la central reduciendo la superficie ocupada por los espejos. Las capacidades y conocimientos de que se dispone por la experiencia adquirida en las plantas termosolares operativas citadas nos sitúa en una posición competitiva para abordar la búsqueda de soluciones a estos problemas que impulsen la penetración en los mercados de estas tecnologías. Surgen aquí oportunidades para nuevos sistemas, diseños, operación, desarrollos para los que se dispone de experiencia y conocimientos. Hay que hacer notar que las centrales de torre tienen un horizonte temporal a corto plazo antes de 2020 y los discos Stirling algo más lejano 2025. Sin embargo,

en ambos casos, el 15% de las respuestas recibidas en el cuestionario considera que no se realizarán nunca.

Las centrales con colectores tipo Fresnel, **tema 44**, tiene como horizonte de materialización los próximos diez años y se dispone de capacidad tecnológica muy alta para su desarrollo, el tercer tema mejor valorado del cuestionario. Estos sistemas están formados por módulos lineales con espejos que concentran la radiación en un receptor situado en el eje por donde circula vapor de agua como fluido para la transferencia de calor. Para elevar el rendimiento de conversión de la luz solar en electricidad además de la reflectividad de los espejos los avances deben buscar soluciones para las estructuras de soporte, fáciles de fabricar y montar con diseños del campo colector que permitan recoger el máximo de radiación con materiales más duraderos minimizando costes. Es importante conseguir temperaturas de operación más altas que las actuales, del orden de 500 °C, para aumentar la eficiencia de las turbinas que actualmente operan a 270 °C, lo que implica mejorar las propiedades de absorción del receptor y el comportamiento de los circuitos de extracción de calor que deben trabajar a altas presiones. Recientemente la Plataforma Solar de Almería ha desarrollado con éxito un sistema Fresnel lineal de 800 kW capaz de operar a 470 °C y conseguir eficiencias un 18% superior a los valores actuales que se espera pueda ser comercializado antes de 2015. Esta experiencia puede ser utilizada por las empresas para el desarrollo de proyectos en otros países, como el Plan Solar Mediterráneo ya citado. Empresas españolas están instalando y gestionando plantas termoeléctricas en diferentes países como Estados Unidos compitiendo internacionalmente gracias a la experiencia de que disponen.

Las centrales de discos Stirling, **tema 45**, basadas en un concentrador parabólico recubierto de espejos que concentran la radiación en el receptor central, un motor térmico basado en el trabajo generado por la diferencia de temperatura entre un foco frío y la compresión en un foco caliente utilizando un gas como helio, hidrógeno o nitrógeno. Están menos avanzadas que los sistemas de torre y los colectores Fresnel pero su desarrollo constituye una oportunidad estratégica por las capacidades de que se dispone. Los resultados de los ensayos y de la operación de las plantas construidas han permitido reducir el número de componentes, disminuyendo los materiales utilizados y conseguir mayor eficiencia. Las capacidades deben buscar mejorar los espejos, el montaje, los materiales que se usan y el proceso de fabricación. Los motores Stirling también deben incorporar mejoras en su diseño para aumentar su fiabilidad y reducir los costes de mantenimiento. Una ventaja de estos sistemas es que permiten diseños modulares lo que facilita nuevas aplicaciones de baja potencia y son muy eficientes. Su estado actual es algo más lejano de la comercialización que los anteriores. Se cuenta con capacidad tecnológica considerada media alta que permitiría desarrollar estrategias para consolidar una posición competitiva aprovechando los resultados de los distintos proyectos actuales.

Dos temas considerados de impacto sobre el desarrollo tecnológico de las centrales solares son tecnologías que permitan elevar la temperatura de operación de los colectores cilíndricos parabólicos, **tema 47**, y los sistemas de almacenamiento de vapor directo, **tema 48**. El receptor donde se recoge la radiación solar transmite el calor por convección a un fluido térmico, aceites sintéticos con propiedades caloríficas adecuadas o sales

fundidas, donde se almacena como energía calorífica. Se han desarrollado diferentes soluciones en base a diferentes configuraciones de los circuitos de captación e intercambio de calor, tanques de almacenamiento y tipos de fluido. La ventaja del calor es que este tipo de energía se almacena mejor que la electricidad y puede utilizarse cuando se necesite lo que permite programar la operación de la planta en función de la demanda y no de la variabilidad del recurso. Los fluidos orgánicos pueden operar hasta temperaturas de 400 °C ya que a partir de estos valores se degradan perdiendo sus propiedades. Esto hace que las líneas de investigación se centren en conseguir otros tipos de refrigerante, como las sales fundidas, y en la generación directa de vapor en el receptor para conseguir mayor eficiencia en los procesos de generación de electricidad. Las sales fundidas permiten funcionar hasta los 550 °C y además simplifican la configuración de los circuitos ya que se utiliza el mismo compuesto en el campo solar y en el sistema de almacenamiento. De esta forma el volumen de sales fundidas es menor reduciendo las necesidades en capacidad de almacenamiento. Los colectores cilíndricos parabólicos, tema 47, incorporarán estos desarrollos junto con diseños de las estructuras de soporte de los espejos incorporando materiales con mejores propiedades respecto a duración y prestaciones que permitan reducir los costes. Los espejos deben aumentar la reflectividad y disminuir sus costes en base a nuevos materiales como espejos sobre soportes de lámina delgada o espejos poliméricos. Se necesitan avances en el diseño del sistema aumentando la superficie de apertura que recoge la radiación y optimizando la disposición de los espejos. Los tubos por donde circula el fluido y su recubrimiento deben mejorar sus propiedad física y térmicas para

conseguir elevar la eficiencia, La favorable posición tecnológica, el segundo tema mejor valorado, ofrece oportunidades para conseguir espejos de mejor reflectividad que podrían ser del 95% y conseguir reducciones en costes del 35% respecto a los actuales mediante materiales más baratos como los materiales compuestos poliméricos.

Conseguir en los sistemas parabólicos generar vapor directamente en el receptor, **tema 48**, permite obtener altas eficiencias de operación con tecnologías conocidas ya que permiten operar a altas temperatura y utilizar ciclos termodinámicos de mayor eficiencia. Se enfrenta al obstáculo de los costes ya que los circuitos deben funcionar a altas presiones controlando adecuadamente la temperatura lo que repercute en los precios de las instalaciones, su operación y mantenimiento. El objetivo es conseguir reducir los costes actuales de las tecnologías actuales, desarrollar ciclos más eficientes y materiales de cambio de fase cuyo estado, sólido o líquido, cambia en función de la temperatura. Este tema tiene un horizonte de realización a más largo plazo que el anterior y se dispone de capacidades tecnológicas y científicas para conseguir mantener la posición actual.

Como se ha indicado el sector termosolar se encuentra en excelente posición en nuestro país lo que le permite poder abordar temas con un horizonte de materialización a largo plazo, en el horizonte del 2025. El desarrollo de proyectos de I+D relacionados con otras aplicaciones no eléctricas de la energía termosolar, **tema 50**, como el procesos termoquímicas aprovechando las altas temperaturas que se pueden conseguir para disociar el agua y producir hidrógeno, utilizando petróleos de baja calidad por las impurezas que contiene. También las

investigaciones para producir hidrógeno a partir de la descomposición directa del agua, termólisis, como el proyecto Hidrosol, donde se ensayan diferentes tipos de receptores para validar la tecnología. Proyectos en química solar utilizando la radiación en la detoxificación de aguas industriales o residuales y para la desalinización mediante osmosis inversa. La aplicación de tratamientos fotocatalíticos solares para desinfección de agua potable tendrá amplia repercusión como herramientas para actuaciones relacionadas con desastres naturales evitando el desarrollo de enfermedades. Los problemas comunes a las plantas termosolares además de los tecnológicos específicos de la configuración como reducir el consumo de agua o la ocupación del suelo, **temas 51 y 52**, constituyen también oportunidades estratégicas para nuestra industria que le permitirá afianzar su competitividad. Es necesario crear iniciativas que permitan consolidar proyectos de cooperación entre la industria y la investigación como base para impulsar desarrollos propios y actuaciones para consolidar el sector termosolar.

5.6 Biomasa

La biomasa está formada por materiales orgánicos de origen vegetal o animal procedentes de fuentes muy diversas como productos forestales, agrícolas residuos sólidos orgánicos...etc., que han almacenado la energía del sol por fotosíntesis o como resultados de sus proceso metabólicos. Bioenergía es la energía renovable que se produce por la conversión de la biomasa o mediante su utilización directa como combustible. Engloba un conjunto de procesos con diferentes tecnologías que dependen de las propiedades físicas y químicas de la materia prima y del tipo de energía obtenida, calor, electricidad o biocarburantes. Aunque la

producción de calor ha sido, tradicionalmente, el uso más generalizado de la biomasa en todo el mundo, crece continuamente su utilización para la generación de electricidad y biocarburantes tanto en los países industrializados como en lo que están en vías de desarrollo.

La biomasa supone actualmente, WEO 2010, alrededor del 10% del consumo de energía primaria en todo el mundo. En los países industrializados la bioenergía representa el 3% de la energía primaria mientras que en los países en desarrollo es del 22% sobre todo para aplicaciones domésticas utilizando estufas, hornillos o cocinas con una eficiencia muy baja, riesgos ambientales, y problemas derivados de su mal uso. En los últimos años la necesidad de asegurar el suministro energético y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ha renovado el interés por utilizar los recursos de biomasa para electricidad, calor y la producción de combustibles para el transporte mejorando los procesos de conversión mediante tecnologías más eficientes.

La capacidad instalada en el mundo para generación de electricidad a partir de la biomasa, incluyendo biomasa sólida, residuos sólidos orgánicos y biogás, es de 58 GW, que producen entre 232 y 359 TWh anuales. Son datos estimativos ya que solo se refieren a los países de la OCDE por lo que deben considerarse como un límite inferior. La biomasa sólida produjo entre 250 TWh y 270 TWh de electricidad durante 2009, calculados en función de la capacidad instalada y suponiendo una media de 4000 a 7000 horas de operación anuales. El 44% de toda esta electricidad procede de la Unión Europea sobre todo de Finlandia, Alemania y Suecia. Hay que hacer notar que en algunos países la fracción

orgánica de los residuos sólidos municipales se consideran también como biomasa sólida para la generación eléctrica lo que supone entre 26 y 30 TWh que deberían sumarse a los valores anteriores⁽⁴⁴⁾.

Según datos de APPA (2010) en España la biomasa tenía a finales de 2009 una potencia instalada para generación eléctrica de 665 MW. No se dispone de datos completos sobre su utilización en la producción de calor por lo que estos valores no reflejan el potencial de mercado existente ni tampoco permiten evaluar la competitividad de la biomasa en calidad y precio con otros recursos. Se necesita disponer de estadísticas fiables sobre consumo y producción que permitan caracterizar adecuadamente el sector lo que requiere establecer la metodología necesaria para producir, recopilar y validar los datos. No obstante el nivel de penetración en el mercado es muy inferior a su potencial debido a los costes de los equipos, la utilización de tecnologías en diferente grado de desarrollo y los obstáculos administrativos ya que no existe una reglamentación para los propietarios particulares, ni se dispone de normativa adecuada lo que impide asegurar el suministro repercutiendo en el interés de los usuarios. Como consecuencia la biomasa tiene a finales de 2009 un grado de penetración inferior al previsto en el PER 2005-2010 que fijaba 2039 MW, es decir solo se ha alcanzado el 33%.

Respecto al biogás la potencia instalada a finales de 2009 era de 171 MW, lo que supone solo el 68% del objetivo de los 250 MW que fijaba el PER. Al igual que para la biomasa sólida, las dificultades tecnológicas

y la falta de un marco normativo son las principales barreras que afectan a la rentabilidad de los proyectos.

De manera general hay que subrayar que la biomasa constituye una de las energías renovables con mayor potencial de mercado y su desarrollo supone una oportunidad para la industria nacional que deberá incorporar tecnologías más eficientes, con equipos y desarrollos propios. Su repercusión es favorable en el medio ambiente al reducir el riesgo de incendios, crea empleo y supone crear una actividad económica en áreas rurales repercutiendo favorablemente en el futuro del sector agrícola.

Los temas propuestos en el estudio tendrán impacto sobre la industria y el mercado en un horizonte a corto plazo, antes 2025, existiendo una buena posición para su materialización basada en la industria y su implantación en los mercados. Se considera que existen las capacidades y conocimientos científicos adecuados para abordar los temas que repercutirán sobre el desarrollo tecnológico de la bioenergía a medio plazo. Los obstáculos aparecen ligados a la necesidad de medidas de apoyo por parte de las administraciones mediante acciones específicas no ligadas exclusivamente a la tarifa eléctrica y que se consideran más importantes a corto plazo que las dificultades económicas que disminuirán paulatinamente en función de las nuevas tecnologías y la mejora en la eficiencia de los procesos.

⁽⁴⁴⁾Tampoco se incluye la energía producida a partir de combustibles líquidos en sistemas combinados de calor y electricidad de pequeño tamaño utilizados en algunos países europeos y que tiende a descender por sus costes no competitivos y repercusiones sobre el desarrollo sostenible.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
53	Alcanzar el 14% de bioenergía en el mix energético a costes competitivos consiguiéndose reducciones del 60% en las emisiones.	2021-2025	22	31	16	31	23	27	50
54	Desarrollo de la cadena de tecnológica para el abastecimiento de biomasa (Logística).	2016 -2025	0	69	7	24	4	25	71
55	Utilización generalizada de instalaciones de cogeneración para producción de energía de alta eficiencia con biomasa/ carbón como combustible primario.	2016 -2025	14	54	21	11	8	48	44
56	Utilización práctica de cultivos energéticos en combinación con residuos agroforestales para producción de calor y electricidad.	antes 2015	18	50	18	14	12	23	65
57	Utilización generalizada de tecnologías para la producción de biogás a partir de residuos de cualquier tipo.	antes 2015 -2020	7	57	25	11	7	44	48
58	Desarrollo de tecnologías biotecnológicas de bajo coste para la producción de biomasa y su transformación energética.	2021-2025	8	20	60	12	39	39	22
59	Desarrollo de tecnologías de conversión termoquímica y limpieza de gases (combustión, gasificación y pirolisis) para cultivos agroenergéticos, residuos orgánicos y lodos de depuradora.	2016 -2025	13	13	67	8	29	33	38
60	Desarrollo del concepto de biorefinería para el aprovechamiento integral de la biomasa como fuente de energía y de productos de alto valor añadido.	2016-2020	12	27	58	4	32	28	40
61	Utilización generalizada de la producción de electricidad mediante combustión de residuos sólidos urbanos (R.S.U).	2016 -2020	32	25	11	32	8	36	56

Los temas que en opinión de los expertos tendrán mayor impacto sobre la industria y el mercado son el desarrollo de la cadena tecnológica necesaria para asegurar el abastecimiento de biomasa, **tema 54, y el 56**, los cultivos energéticos y los residuos agroforestales como fuente de biomasa para producción de calor y electricidad. Para ambos temas

se dispone de capacidades industriales que nos sitúan en una posición competitiva. Se cuenta con capacidades científicas para abordar **los temas, 58, 59 y 60**, que tendrán un impacto alto sobre el desarrollo tecnológico en el horizonte de los próximos diez años y que se refieren a las tecnologías de conversión termoquímica y limpieza de gases para aprovechar

distintos recursos de biomasa, la incorporación de la biotecnología en los procesos de transformación energética y el concepto de biorefinería.

Los materiales orgánicos que forman la biomasa contienen celulosa, hemicelulosa, lignina, lípidos, proteínas, azúcares, almidón junto con otros compuestos inorgánicos y agua. Su composición química en peso es de un 51% de carbono y un 42% de oxígeno que forman el 90% de la biomasa seca. También se incluyen como recursos los residuos forestales, municipales y los de determinadas industrias, como la del papel, y la biomasa acuática, las algas. El potencial de la biomasa como fuente de energía depende de la disponibilidad del volumen necesario como recurso primario y de la competitividad de las tecnologías de transformación respecto a otras tecnologías energéticas, incluyendo su contribución a la lucha contra el cambio climático. Para evaluarlo es preciso tener en cuenta toda la cadena desde la producción del recurso hasta la demanda de energía final. Desde el lado del recurso hay que analizar las opciones posibles, sus costes en función de la tecnología utilizada y la competencia con otros usos. Para estimar el potencial de biomasa habrá que considerar la superficie necesaria para producirla y sus características comparándolas con sus otras vías de explotación, como la producción de madera o la alimentación. A su vez la recogida y procesado de estos recursos exige diseñar una cadena logística para el suministro adecuada y tener en cuenta los residuos que se generen.

El desarrollo de la logística necesaria para asegurar para el abastecimiento de biomasa, **tema 54**, implica una serie de tecnologías para facilitar el aprovechamiento de los diferentes tipos de materiales y su rendimiento. Estas tecnologías

dependen de las características físicas y químicas de la biomasa. El primer paso es aumentar la densidad del recurso para facilitar su transporte, almacenaje y futuro usos. Recogido el recurso se seca y almacena en las condiciones adecuadas para facilitar el proceso de trituración que reducirá el volumen del material y a la separación de productos. A continuación se aumenta la densidad del recurso mediante peletización, torrefacción y pirolisis. La peletización compacta y aglomera el material inicial dándole una forma esférica, pellet, o alargada, briquetas. Permite aprovechar distintos materiales como restos de podas, astillas, serrín, cáscaras de diversos productos,.. etc. para transformarlos en material con mayor contenido energético y más fácil de manipular. La torrefacción consiste en calentar la biomasa a temperaturas del orden de 230 a 300 °C para reducir su contenido en agua, disminuir el volumen y aumentar la densidad energética. La pirolisis es la descomposición térmica de la biomasa someténdola a temperaturas de entre 300 y 600°C en ausencia de oxígeno, anaeróbica, dando lugar a distintos productos, líquidos, sólidos o gaseosos en función de la temperatura de operación que son aprovechables en la producción de energía.

La posición competitiva para este tema está basada en las capacidades industriales existentes que permitirán afrontar la problemática asociada al desarrollo de la logística para el abasteciendo de la biomasa, tema con el segundo valor de impacto más alto sobre la industria y el mercado de todos los propuestos en el cuestionario, Las oportunidades surgen en las distintas etapas de la cadena de abastecimiento buscando soluciones tecnológicas innovadoras para disminuir los costes con la ventaja de las repercusiones favorables sobre la creación de empleo y el desarrollo local. Los obstáculos

identificados son administrativos por lo que es necesario actuaciones respecto a la normativa, especificaciones técnicas y calidad así como la realización de estudios socio-económicos para evaluar el impacto de las instalaciones en la zona en que se construyen informando la toma de decisiones.

El papel de la bioenergía en el futuro sistema energético dependerá del volumen de recursos y de su potencial crecimiento para poder cubrir la demanda. En los últimos años se han publicado varios estudios para evaluar cuál será el suministro de biomasa necesario en el horizonte del 2050 en distintos países o regiones del globo. Sin embargo es difícil comparar sus resultados por estar basados en aproximaciones deferentes sobre las necesidades de suelos cultivables, los rendimientos, el consumo de agua y energía o los impactos sobre la biodiversidad. Los cultivos energéticos, **tema 56**, ofrecen la posibilidad de suministrar la biomasa necesaria asegurando la materia prima mediante la selección de determinadas especies vegetales por su mayor rendimiento, evitando la posible competencia en los mercados con otros usos, sobre todo en alimentación como ocurre actualmente en el caso de los biocarburantes. Se están estudiando distintos productos vegetales para seleccionar las variedades más apropiadas en función de su rendimiento energético que requiere líneas de investigación para poder decidir el tipo de cultivo mejor adaptado a las condiciones físicas del terreno y a su climatología evaluando comparativamente su capacidad para cubrir las necesidades existentes.

Las variedades de tipo lignocelulósicos son uno de los cultivos con mayor potencial. Utilizan especies herbáceas anuales o perennes, y determinados tipos de árboles que crecen rápidamente en terrenos poco

favorables para otras especies y que se adaptan a condiciones climáticas variadas. Los análisis de viabilidad respecto a los recursos deben tener en cuenta la problemática que supone la producción a gran escala del producto en cuestión, la superficie disponible, competencia con otros usos de las tierras, necesidades de agua, consumo de energía para la explotación, fertilizantes y aspectos medioambientales, estudiando sus impactos en las zonas donde se vayan a implantar. Los posibles desarrollos de la biotecnología permiten disponer de organismos modificados genéticamente en la selección de especies pero a su vez crea problemas ligados a sus repercusiones en el medioambiente y la aceptación social. La favorable posición industrial existente permite desarrollar soluciones competitivas de este tipo de cultivos para poder aprovechar mejor los terrenos disponibles afectados por la baja demanda de sus productos o por la falta de rentabilidad, y poner en explotación zonas que actualmente no se explotan. Se crea así una actividad económica que abre la posibilidad para poder asegurar al agricultor beneficios razonables, crear empleo y mantener la población rural. Los obstáculos aparecen ligados a la disponibilidad de superficies cultivables, el suministro de agua y los impactos del uso de la energía necesaria. Debe conseguir que el balance energético sea positivo es decir que la energía consumida para fabricar el biocombustible y las emisiones que se emiten en el proceso sean menores que la bioenergía producida y las emisiones que ahorra.

La bioenergía se obtiene mediante procesos termoquímicos en los que la biomasa se somete a altas temperaturas, y a una serie de procesos físico-químicos o biotecnológicos mediante microorganismos, enzimas o bacterias para producir combustibles líquidos o gaseosos. El desarrollo

de tecnologías de conversión termoquímica, **tema 59**, recoge su alto impacto sobre el desarrollo científico y tecnológico antes del 2025 y la favorable posición científica existente para conseguir que alcancen el grado de madurez necesario para su competitividad. Se trata de utilizar residuos de cualquier tipo, incluyendo lodos de depuradora, residuos sólidos urbanos y los de ciertas actividades industriales para asegurar el suministro de materia prima a la vez que se reduce el problema de cómo recogerlo, almacenarlos y eliminarlos. Los procesos termoquímicos se basan en someter a la biomasa a la acción de altas temperaturas con exceso de oxígeno, combustión, gasificarla en presencia de pequeñas cantidades de oxígeno y la pirolisis ya citada anteriormente que permite producir distintas mezclas de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

El empleo de la biomasa para producir calor tiene es una de sus aplicaciones más antigua al tratarse de un combustible relativamente abundante y fácil de almacenar en grandes cantidades. La combustión de biomasa se puede hacer quemando directamente el recurso en sistemas domésticos como estufas, hornillos o cocinas con eficiencias de hasta un 90% aunque la mayoría de los sistemas tiene valores muchos más bajos sobre todo en los países en desarrollo. También se emplea en sistemas de calefacción y frío centralizados para distritos urbanos donde resulta competitiva en función del tamaño de la red existente, su diseño y las limitaciones que impone para conseguir altas eficiencias. Industrias que necesitan calor para sus procesos pueden incorporar soluciones basadas en biomasa lo que supone un mercado potencial importante ya que es posible conseguir soluciones a medida, es decir dar respuesta a los requerimientos técnicos de temperatura y combustible requeridos.

Para producir electricidad y calor conjuntamente existen varias combinaciones de materia prima y tecnologías, relacionadas con la industria del carbón, en diferentes fases de desarrollo y grado de penetración en los mercados. La competitividad económica depende de la eficiencia de conversión del proceso, los costes de operación y del tipo de biomasa, su calidad y potencial de que se dispone que deban compararse con el precio de las soluciones alternativas y la evolución de la demanda. Una opción para conseguir mejorar la rentabilidad de los proyectos es la co-combustión en donde la biomasa se utiliza con carbón o gas en una planta de generación. El empleo de la biomasa reduce las emisiones globales de CO₂ y azufre de la planta. Una tecnología atractiva es la gasificación en la que la biomasa se convierte en un gas de alto contenido energético, formado sobre todo por hidrógeno y dióxido de carbono, que se puede utilizar en una planta de ciclo combinado o para alimentar una pila de combustible.

Los conocimientos y capacidades científicas de que se dispone pueden conseguir mejoras significativas en las tecnologías actuales que podrán ser utilizadas por la industria nacional para su explotación en los mercados. Los obstáculos radican en la necesidad de nuevos conocimientos para encontrar soluciones competitivas mejorando la eficiencia global de los procesos minimizando pérdidas caloríficas y aumentando los factores de recuperación de calor. Existe un mercado potencial creciente para las instalaciones descentralizadas de cogeneración de baja potencia, inferiores a 5 MW, que son rentable económicamente. También hay que evaluar posibles repercusiones ambientales ya que en los procesos de transformación de la biomasa se generan gases de efecto invernadero, que se suman a los ya existentes.

El ciclo de vida hace que los recursos generen más electricidad por unidad de energía consumida que el carbón o el gas. El tipo de recurso, su relación con otros posibles usos, y las implicaciones del tipo de cultivo, uso de la tierra o necesidades de agua y energía deben ser evaluados para determinar su impacto medio ambiental.

Se cuenta con una buena posición científica para aplicar desarrollos biotecnológicos en los procesos de producción de biomasa y su transformación energética, tema 58. Los productos de origen vegetal que forman la biomasa producen metabolitos, productos químicos que necesitan para su crecimiento como azúcares, aminoácidos, proteínas y otros muchos compuestos moleculares con diferentes propiedades físicas, químicas o biológicas, muchos de los cuales no se conocen con exactitud por su complejidad y la amplia variedad vegetal existente. Los procesos se llevan a cabo mediante diversos tipos de microorganismos que degradan las moléculas complejas a compuestos simples de alta densidad energética; como son la fermentación alcohólica para producir etanol y la digestión anaerobia, para la producción de metano. Las materias primas que se estudian actualmente para someterlas a estos procesos son la biomasa procedente de cultivos energéticos y los residuos de diversos orígenes, como los procedentes de actividades agrícolas, silvícolas y de las industrias de la madera, agroalimentaria y el papel, así como los residuos sólidos urbanos provenientes de los vertederos y las depuradoras. Recientemente también se estudia la biomasa acuática, las algas, como recurso alternativo para la producción de biocombustibles. El principal obstáculo para su desarrollo es que hacen falta importantes avances en investigación para lograr mejorar las tecnologías y elevar el rendimiento de los procesos

actuales facilitando su explotación industrial, objetivos alcanzables aprovechando la alta posición científica de que se dispone.

El concepto de biorefinería para conseguir el aprovechamiento integral de los recursos de biomasa, **tema 60**, es una alternativa prometedora para mejorar su competitividad respecto a los combustibles fósiles. Se trata de conseguir utilizar con el máximo rendimiento la biomasa mediante tecnologías de conversión que permitan obtener bioenergía y todos los productos valiosos que contiene. El diseño de una biorefinería sería similar al de las refinерías actuales donde el petróleo se procesa y fracciona para producir distintos combustibles y otros productos útiles. La biorefinería integra en la misma planta tecnologías para producir electricidad, calor y biocarburantes junto otros productos con valor de mercado. De esta forma se maximiza el valor del recurso y se simplifica la logística de recogida y pretratamiento adaptando el diseño de la planta al tipo de biomasa lo que aumenta la eficiencia y reduce costes. El desarrollo del concepto de biorefinería abre un enorme potencial para aprovechar todo tipo de recursos desde cultivos específicos de la zona a los residuos asociados a una determinada actividad industrial incorporando tecnologías de tratamiento de biomasa con las de la industria química. La favorable posición científica existente permite afrontar estos desarrollos ya que los obstáculos más importantes son la falta de nuevos conocimientos para incorporar las tecnologías más adecuadas y la identificación de los productos derivados con mayor valor de mercado. Hay que conseguir minimizar los impactos ambientales incorporando procesos de transformación adaptadas a las características de la materia prima lo que permitirá operar a la planta con todo tipo de productos rentabilizando las inversiones.

La gestión y el tratamiento de residuos constituyen un problema importante por la necesidad de reducir su volumen y evitar sus impactos medioambientales. El **tema 57**, producción de biogás a partir de procesos de digestión anaerobia de todo tipo de residuos, tendrá alto impacto sobre la industria y el mercado a corto plazo. Antes de 2020, y presenta una oportunidad estratégica en función de las capacidades industriales y tecnológicas existentes. La digestión anaeróbica es un proceso por el que los microorganismos descomponen los materiales biodegradables iniciando un proceso de digestión por el que los azúcares y aminoácidos existentes se transforman en diversos productos gaseosos dando lugar a biogás, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono. La utilización del biogás evita su emisión a la atmósfera, es uno de los gases causantes del efecto invernadero, y permite numerosas aplicaciones ya que además de generar electricidad o calor puede inyectarse en la red de gas como biometano o utilizarse en motores de combustión interna para el transporte, como las flotas de autobuses urbanos. Los procesos de digestión anaeróbica permiten aprovechar biomasa de diversos tipos como los residuos de granjas, plantas depuradoras o la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Es una tecnología comercial, adaptable a las características y el volumen de recursos, existiendo soluciones de diferentes tamaños. El mercado del biogás se encuentra en fase de expansión por su carácter de energía renovable y por su importancia en la gestión de los residuos que ha despertado gran interés entre los inversores. En la UE ha crecido el uso del biogás en pequeños sistemas de metanización para valorizar energéticamente residuos procedentes del sector agrícola y de estaciones depuradoras donde resulta una solución competitiva por las ventajas que ofrece respecto a su eliminación y los impactos sobre

medio ambiente. Las oportunidades aparecen en la necesidad de diseñar plantas adecuadas al volumen del recurso y sus propiedades incorporando avances innovadores propios que reduzcan los costes. Es importante divulgar las ventajas de esta tecnología no bien conocidas por los posibles usuarios que se ven afectados por normativas ambientales cada vez más exigentes respecto a los tratamientos y eliminación de los residuos que generan sus explotaciones. Los obstáculos identificados son la falta de medidas de apoyo de administraciones ya que las medidas que se deberían adoptar requieren la implicación de varios Ministerios por que las competencias sobre las decisiones a tomar están repartidas.

5.7. Biocombustibles

Los biocombustibles, líquidos o gaseosos, se obtienen a partir de biomasa orgánica de distintos tipos mediante procesos de conversión basados en diferentes tecnologías. Se suelen clasificar en biocarburantes de primera, segunda y tercera generación pero con el inconveniente de que el mismo tipo de biocombustibles pueda aparecer de manera distinta según el desarrollo de la tecnología, las emisiones que genera o el recurso primario empleado en su producción. Una manera más adecuada es agruparlos en función del grado de madurez de la tecnología. Las tecnologías convencionales de biocarburantes designan los productos en fase de producción comercial basados en procesos bien conocidos. Las tecnologías avanzadas de biocarburantes son aquellas que están en fase de I+D, demostración o planta piloto actualmente. Los biocarburantes de primera generación, biodiesel obtenido a partir de plantas oleaginosas o aceites usados, el etanol derivado de plantas con azúcares o almidón y el biogás se agruparían en las tecnologías

convencionales. Las tecnologías avanzadas comprenden a los de segunda o tercera generación, biocarburantes obtenidos a partir de biomasa lignocelulósica, como el etanol y combustibles sintéticos derivados de la conversión de biomasa. Los distintos productos obtenidos mediante las algas, actualmente en fase de investigación y primeros desarrollos, entrarían también en esta clasificación

Los datos de la IEA, WEO 2010, indican que la producción mundial de biocarburantes en el año 2000 fue de 16.000 millones de litros y ha seguido una tendencia creciente hasta alcanzar los 100.000 millones de litros en 2010 como resultado de las distintas políticas de apoyo puestas en marcha por los gobiernos. Esta producción supone el 3% del consumo total de combustibles en el transporte por carretera aunque con diferencias importantes entre países. Así, Brasil cubrió en 2008 mediante biocarburantes el 21% de la demanda del sector, Estados Unidos el 4% y la Unión Europea el 3%.

El barómetro Euroobserver⁽⁴⁵⁾ que mide los avances en energías renovables en los países de la UE señala que el consumo de biocarburantes creció en un 18,7% entre 2008 y 2009, alcanzado un total de 12092625 tep, un valor que supone menos del 4% del consumo de combustibles en el sector del transporte en Europa. De estos consumos 9616129 tep, el 79% corresponde al biodiesel, y el 19% al bioetanol, 233.9241 tep, mientras que el resto se reparte entre otros combustibles de origen vegetal. Estos datos hacen difícil poder conseguir el objetivo de lograr cubrir el 10% en el año 2020 fijado por la Directiva 2009/28 /2003 del Parlamento y el Consejo Europeo. Respecto a la evolución de la demanda, durante 2009 se produjo un descenso respecto a la tendencia creciente de años

anteriores que había sido del 30,3% en 2008 respecto a 2007 y de un 41,8% entre 2007 y 2006.

Los datos para España de Euroobserver indican un consumo total de 1.046.528 toe durante 2009, el 85% de biodiesel y el resto de etanol, lo que supone el 3,4% de utilización de biocarburantes respecto al resto de los combustibles usados en el sector transporte. Esta evolución es positiva, en 2008 la proporción era del 1,9%, y para 2010 los objetivos fijados eran del 5,8% que deberán alcanzar el 7% en 2011. El consumo de biocarburantes en España se ha visto impulsado por la Orden ITC 2877/2008 donde se establecen mecanismos para fomentar su utilización en el sector del transporte en la que partiendo del 1,9% en 2008 se fijaba como objetivo para el año 2009 lograr el 3,4%, que se ha cumplido, y en el 2010 se deberán alcanzar 5,8%.

Sin embargo este aumento del consumo de biocarburantes no significa que la producción nacional haya crecido en un porcentaje similar. La mayor parte del biodiesel consumido procede de las importaciones desde Argentina y Estados Unidos y el 29% del etanol se importó de otros países, aunque la capacidad de producción de las cuatro plantas existentes es de 464.000 t/año, Esta situación también se ha producido en otros países europeos, lo que ha llevado a la Comisión a establecer medidas antidumping iniciando en 2010 una investigación sobre estas prácticas.

La contribución directa de los biocarburantes al PIB nacional ha sido de 209,7 millones de euros, según APPA (2010), frente a los 90,2 millones de euros en 2008, un aumento del 130% que responde a la mayor demanda producido por la normativa citada. Sin embargo, como se ha citado anteriormente,

⁽⁴⁵⁾<http://www.eurobserv-er.org/>

este aumento no se ha cubierto con la producción nacional sino con importaciones, distorsionando el funcionamiento del mercado interior existente para estos productos ya que el biodiesel importado resulta más barato que el producido en España. Como consecuencia el aumento de las ventas de biocarburantes y el cumplimiento de los objetivos no ha repercutido en la industria española ni ha reducido nuestra dependencia energética. La situación se ha agravado por la disminución de los márgenes comerciales ligada al precio de las materias primas y la situación de crisis económica que ha retraído a los inversores del lanzamiento de nuevos proyectos. Como

el resto de las energías renovables los biocombustibles se enfrentan a la falta de un marco normativo estable que permita consolidar su competitividad económica.

Los temas propuestos sobre biocarburantes se considera que tendrán alto impacto sobre la industria y el mercado y repercutirán en la sociedad en un horizonte a medio y largo plazo. Como se observa en la tabla el intervalo temporal es amplio, indeterminación que en algunos casos incluye la opción “nunca” con valores significativos, reflejando la falta de confianza del sector ante la falta de apoyo por parte de las administraciones.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
62	Alcanzar una reducción del 60% en las emisiones mediante biocarburantes y biolíquidos con gestión sostenibles de los recursos.	2021-más allá 2025	17	22	30	30	32	36	32
63	Reducción de los costes de producción a menos de 0,6 litro gasolina equivalente, en combustibles de segunda generación.	2016-2025	5	42	16	37	11	56	33
64	Utilización de biomasa lignocelulósica para la producción de biocarburantes, etanol o sus derivados.	2016-2020	24	38	33	5	15	50	35
65	Utilización generalizada de etanol hidratado (modelo brasileño) como combustible de automoción.	2016-más allá 2025	20	35	10	35	0	15	85
66	Utilización directa del etanol anhidro como aditivo a las gasolinas.	2016-2025	0	53	7	40	7	36	57
67	Utilización generalizada del biodiesel a partir de cultivos tradicionales (colza, girasol, soja etc...)	2016-más allá 2025	4	48	16	32	4	9	87
68	Desarrollo del concepto de biorefinería para el aprovechamiento integral de la biomasa como fuente de energía, combustibles y productos de alto valor añadido.	2016-2025	9	41	36	14	10	55	35
69	Demostración de la viabilidad de las tecnologías de segunda generación a escala comercial.	2016-2025	10	62	24	5	15	30	55
70	Desarrollo de plantas de demostración.	Antes 2015-2020	5	35	50	10	5	47	47

Respecto a la situación en que nos encontramos, se dispone de capacidades industriales para impulsar la utilización del etanol hidratado, **tema 65**, el etanol anhidro como aditivo a las gasolinas, **tema 66, y el 67**, la penetración del biodiesel en el sector del transporte una vez demostrada su viabilidad tecnológica en base a desarrollos innovadores.

Los dos primeros temas tienen como objetivo conseguir el uso amplio del etanol como combustible que ya ha demostrado viabilidad económica. Este biocombustible se puede utilizar de dos formas, como etanol anhidro o como etanol hidratado, que se diferencian en el contenido de agua que poseen, que es 0.5% en el etanol anhidro y cerca del 5% para el etanol hidratado. El etanol anhidro se utiliza mezclado con gasolinas derivadas del petróleo mientras que el etanol hidratado se utiliza puro en vehículos que deben tener motores adaptados para este combustible, siendo Brasil el primer país productor y consumidor de este tipo de biocombustible. El etanol anhidro se puede usar en cualquier tipo de motor de ciclo Otto mezclado con la gasolina en proporciones del 5%, E%, o del 10%, E10 sin modificaciones significativas en los motores. Proporciones de mezcla más elevadas, autorizadas en Suecia y Estados Unidos, requieren utilizar un vehículo flexible, con un depósito, motor y sistema de combustible único capaz de funcionar con gasolina y etanol, solos o mezclados en cualquier proporción. También se emplea el etanol para fabricar ETBE, etil terbutil éter, que es un componente utilizado como aditivo de las gasolinas para aumentar su octanaje y reducir su volatilidad. La capacidad industrial para el etanol hidratado es alta y se considera importante por su impacto sobre la sociedad pero no sobre la industria, como ocurre con el etanol anhidro. El horizonte temporal para la penetración del etanol en los mercados esta poco definido, se extiende desde el 2016 al 2025,

pero en el caso del hidratado un porcentaje significativo de respuestas señalan la opción nunca, el 27%. Este tema también apareció en el estudio de prospectiva sobre energías renovables de 1998 como uno de los más importantes con un horizonte de realización antes del 2014, límite del estudio, y con una proporción similar de respuestas con la opción nunca. Esta desconfianza respecto a la realización del tema propuesto se debe a la falta de apoyo por parte de las administraciones, considerada como el mayor obstáculo, y la lentitud en crear la red de distribución para los biocarburantes donde serían necesarias iniciativas por parte de las compañías del sector del petróleo.

El etanol se obtiene por tecnologías convencionales a partir de productos ricos en azúcares o almidón, como maíz, trigo, cebada, arroz, remolacha azucarera, caña de azúcar, sorgo y patata. La producción se basa en la conversión enzimática de los carbohidratos contenidos en la biomasa para obtener los azúcares, su fermentación y la destilación para obtener el etanol. El etanol también se produce a partir de la biomasa lignocelulósica mediante tecnologías avanzadas basadas en procesos químicos y enzimáticos para el pre-tratamiento, la hidrólisis y la fermentación. La biomasa lignocelulósica forma parte de las paredes de las células vegetales y está formada por los polímeros, celulosa y hemi-celulosa, unidas a la lignina que es un polímero de naturaleza orgánica. Como materia prima se puede utilizar residuos agrícolas y silvícolas, cultivos energéticos, y residuos de las industrias de la madera o el papel. Se dispone de capacidades tecnológicas muy elevadas para alcanzar estos objetivos respecto al etanol pero faltan medias de apoyo por parte de la administración.

El biodiesel, **tema 67**, se obtiene a partir de aceites de origen vegetal mediante procesos industriales

de esterificación y transesterificación basados en reacciones químicas con un alcohol, como el metanol, en presencia de un catalizador dando lugar a glicerina como subproducto. La materia prima utilizada es el aceite de girasol, colza, soja o de palma, jatropha, cáñamo y otras variedades. Las tecnologías avanzadas incluyen nuevos procesos que permiten utilizar aceites vegetales usados mediante su reciclado. Este biodiesel puede mezclarse con el diesel obtenido en el refino del petróleo en proporciones diferentes, hasta del 50% sin ninguna modificación en el motor de combustión. Se dispone de capacidades industriales muy altas para este tema cuyo impacto será alto sobre la industria, e mercado y la sociedad en un horizonte poco definido, desde 2016 a más allá del 2025. Como ocurría en el caso del etanol hidratado un porcentaje significativo de respuestas, el 18% de las respuestas, piensa que nunca se materializará, Los obstáculos principales se centran en la falta de apoyo de las administraciones.

Los biocarburantes de primera generación utilizan como materia prima productos que también se emplean en la alimentación mientras que las tecnologías avanzadas de biocarburantes permiten utilizar como materia prima biomasa ligno-celulósica o biomasa acuática, algas. Estas tecnologías mejoran el rendimiento energético y se están evaluando los cultivos más rentables y el tipo de carburante con mejores prestaciones en función de las aplicaciones específicas buscadas Su horizonte de realización a partir del 2016 ya que requieren estudios para evaluar su viabilidad a escala comercial. La siguiente tabla⁽⁴⁶⁾ presenta comparación para el caso del biodiesel de la producción y terreno utilizado con materias primas convencionales, aceites y vegetales, con las algas.

Biomasa	Litros por acre (4,05 M ₂) anuales
Aceite de palma	2.463
Caña de azúcar	1.705
Maíz	847
Soja	190
Algas	7.590

Los criterios de sostenibilidad establecidos en la Directiva de Energías Renovables 2009/28 para los biocarburantes, junto con el hecho de que, los biocarburantes fabricados a partir de desechos, residuos, materia prima celulósica no comestible, y materia prima lignocelulósica contabilizarán el doble que otros biocarburantes para el cumplimiento del objetivo del 10% de sustitución, supondrán un fuerte incentivo para el desarrollo de biocarburantes avanzados. La Directiva, en su artículo 17, recoge que, para medición del cumplimiento de los objetivos nacionales o la elegibilidad para el apoyo financiero, los biocarburantes no se producirán a partir de materias primas procedentes de tierras de elevado valor en cuanto a biodiversidad, ni procedentes de tierras con elevadas reservas de carbono. Además, con efectos a partir del 1 de enero de 2017, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero derivada del uso de biocarburantes será de un 50 % como mínimo. A partir del 1 de enero de 2018, dicha reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero será del 60 % como mínimo para los biocarburantes y biolíquidos producidos en instalaciones cuya producción haya comenzado a partir del 1 de enero de 2017. Debido a que estos valores de ahorro de emisiones de CO² sólo podrán alcanzarse con biocarburantes avanzados, las nuevas plantas que se instalen en Europa a partir de 2017

⁽⁴⁶⁾<http://algaenews.blogspot.com/2009/07/algae-ultimate-biofuel.html>

tendrán que utilizar materias primas lignocelulósicas principalmente, reduciendo la polémica de la competencia entre alimentación y energía.

Una oportunidad aparece en el **tema 68**, desarrollo del concepto de biorefinería que ya se ha discutido en el caso de la biomasa, **tema 60**. Vuelve a considerarse un tema de impacto aunque aquí el horizonte temporal es más lejano, y los obstáculos son económicos y la necesidad de tecnologías innovadoras. La posición científica y la capacidad tecnológica de que se dispone para este tema pueden permitir abordar el desarrollo de nuevos procesos para transformar la biomasa en hidrocarburos sintéticos similares a los utilizados comercialmente en las refinerías de petróleo actuales, como gasificación o procesos secundarios. Se basan en la ingeniería metabólica de los organismos para producir biobutanol, etanol o los denominados “drop-in”, combustibles que se pueden utilizar en lugar de la gasolina sin ningún cambio en el funcionamiento del motor. La oportunidad surge por tratarse de biocombustibles que pueden ser utilizados en aviación lo que ha despertado el interés de ejército americano y la aviación civil. La favorable posición industrial requiere incorporar nuevos conocimientos científicos surgidos de los proyectos de I+D que permitan consolidar la presencia en los mercados.

El desarrollo de plantas de demostración, **tema 70**, se considera que tendrá impacto medio alto sobre el desarrollo científico y tecnológico por lo que supone una acción estratégica con repercusiones en el sector. La demostración de la viabilidad de la producción de combustibles puede verse impulsada por actuaciones específicas como el DEMO-2, un proyecto singular estratégico cuyo objetivo es evaluar la viabilidad del etanol ya utilizado como combustible en otras áreas de la industria química. Se trata de analizar el mercado

potencial existente para desarrollar nuevos mercados que a su vez ofrece la oportunidad de detectar nuevos negocios. Los resultados también pueden formar parte de los desarrollos ligados al ya citado concepto de biorefinería.

Los desafíos para la consecución de los objetivos de la Directiva para los biocarburantes bajo las condiciones actuales de mercado y de regulación medioambiental son considerables debido a la magnitud de la tasa de crecimiento y a la inversión necesaria, en un contexto de incertidumbre sobre el marco económico y político, así como sobre la disponibilidad sostenible de materias primas. Las acciones que se deriven de la Iniciativa Industrial Europea en Bioenergía, cuyo propósito es potenciar la contribución de una bioenergía sostenible a los objetivos energéticos y de lucha contra el cambio climático de la UE, con un enfoque centrado en aprovechar la colaboración público-privada para gestionar los riesgos y compartir la financiación, serán cruciales para el futuro de los biocarburantes. Esto implica una aceleración de los esfuerzos actuales en investigación, desarrollo y demostración, con el fin de implementar tecnologías eficientes en el mercado para el año 2020, así como un marco regulatorio fiable y armonizado entre todos los Estados Miembros para asegurar un suministro competitivo y sostenible de materias primas y para identificar a los mercados finales que son políticamente relevantes y económicamente atractivos.

5.8. Integración de renovables en edificación

La eficiencia energética significa usar menos energía para conseguir cubrir los mismos usos finales o mantener un nivel equivalente de actividad económica. Se relaciona con el ahorro energético, un término más amplio que incluye reducciones de la demanda por

cambios de comportamiento y mejores hábitos de consumo o por un descenso en la actividad económica por unidad de energía consumida. Dada la dificultad de separarlos y la interrelación que existe entre ambos se suelen emplear indistintamente y así están considerados en el “Plan de Eficiencia Energética 2011⁽⁴⁷⁾” aprobado por la Comisión a principios de este año. La eficiencia tiene un papel clave en la estrategia europea “Energía 2020” para el crecimiento sostenible y es también el camino más efectivo para asegurar el suministro energético y reducir las emisiones. Como resultado se han impulsado una serie de medidas de ahorro para mejorar la competitividad industrial, contribuir a la creación de dos millones de empleos y reducir las emisiones en 740 millones de toneladas. Los diversos instrumentos que se pondrán en marcha deben ser capaces de crear un valor financiero para el ahorro de energía poniendo un precio que relacione los resultados con las medidas de eficiencia. El mayor potencial de ahorro esta en los edificios, públicos y privados, y en las mejoras en el uso de las diferentes equipos eléctricos para que consuman menos energía.

En la Unión Europea, el 40% del consumo total de energía se produce en los hogares, edificios públicos, oficinas y grandes superficies, lo que supone el 36% de las emisiones de CO₂. El sector residencial consume un 61% de energía en calefacción, 15% en aplicaciones eléctricas, 14% en agua caliente y el resto para usos en las cocinas. La vía más efectiva para conseguir disminuir estos valores es mejorar el comportamiento energético de los edificios incidiendo sobre los diferentes dispositivos que se utilizan para su climatización, producción de calor y frío, ventilación o los sistemas de iluminación. La Directiva 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios incluye entre sus medidas la

utilización de las energías renovables de manera que se consiga el mejor nivel de ahorro al coste más bajo durante todo el ciclo de vida del edificio, incluyendo su funcionamiento y el mantenimiento necesario. La aplicación de estas medidas de mejora no deben afectar a otros requisitos, como accesibilidad o seguridad ligados al uso previsto del edificio y deben ser diseñadas en función de las condiciones climáticas, el entorno ambiental y su rentabilidad.

Para cumplir estas medidas se han elaborado normativas tanto en el ámbito autonómico, nacional y comunitario europeo y actuaciones para evaluar su cumplimiento. En un horizonte futuro a corto plazo deben ponerse en funcionamiento los medios oportunos y decidir las actuaciones en I+D+i necesarias para que tanto en obra nueva, ya obligatoria desde 2006 por el Código Técnico de la Edificación, CTE, como en las edificaciones construidas antes de la Norma Básica de Edificación se sigan las técnicas naturales de acondicionamiento con lo que se podría obtener un ahorro total de más del 40% de la energía convencional. También la Comunicación de la Comisión “Energía 2020” incluye entre sus prioridades para conseguir los objetivos fijados por el Consejo Europeo el uso más eficiente de la energía. Entre sus recomendaciones figura desarrollar una estrategia que permita a los Estados de la UE desacoplar el crecimiento económico y el consumo energético reduciendo así las emisiones y mejorando la competitividad económica, asegurando a los consumidores el acceso a todos los servicios necesarios que les permitan mejorar su calidad de vida. La eficiencia necesita actuaciones a lo largo de toda la cadena energética, desde la extracción de los recursos primarios, la producción de energía, su transmisión y distribución hasta los usos finales, si se

⁽⁴⁷⁾COM (2011)109

quieren alcanzar el objetivo de reducir los consumos en un 20%. Entre los sectores con mayor potencial para conseguirlo el de la construcción, tanto para edificios y viviendas existentes como en los proyectos futuros, ofrece un amplio mercado para actuaciones estratégicas. Aparecen oportunidades ligadas a la rehabilitación de edificios, la mejora de la autonomía energética de las viviendas incorporando innovaciones tecnológicas y la introducción en el diseño de la construcción de objetivos de eficiencia energética como modelo de negocio de las compañías constructoras.

La necesidad de desarrollos tecnológicos capaces de dar respuesta a retos específicos ha llevado a la Unión Europea crear el área de ciudades inteligentes, “*smart cities*”, dentro del SET Plan. Cuyo objetivo es mejorar la eficiencia energética y la utilización de las energías renovables en las ciudades abordando actuaciones transversales en diferentes áreas.

El estudio sobre el impacto macroeconómico de las energías renovables en España, APPA (2010), evalúa el mercado potencial existente en el sector de la edificación partiendo de considerar que la energía del sector doméstico representa el 41% de la energía total consumida. A partir de este dato, y de las previsiones de la demanda de electricidad del PANER 2011-2020, el estudio calcula cual sería el volumen del mercado suponiendo distintos escenarios de penetración de las renovables, entre el 1% y el 20%. En el caso de que las renovables se consiguiesen integrar en un 5% en la edificación, el resultado sería un mercado de 2.080 ktep en 2015 y 2.324 ktep en 2020, lo que supondría valores de 7.109 GWh y 8.580 GWh respecto a la generación de electricidad.

Como se observa en la tabla, los temas propuestos en esta área tendrán impacto sobre la mejora de la calidad de vida y las condiciones actuales de la sociedad y sobre el desarrollo de la industria y el mercado. La posición se basa en las capacidades industriales y de innovación existente lo que nos sitúa en buena posición para abordar los temas cuyo intervalo de materialización ocurrirá antes del 2020. Los obstáculos para conseguirlo se centran en la necesidad de medidas de apoyo por parte de las diferentes administraciones implicadas y la necesidad de promulgar la legislación requerida, con menor incidencia aparecen los costes económicos. Los temas propuestos están relacionados con algunas de las medidas propuestas por la Directiva 2010/31 para garantizar los requisitos de eficiencia fijados y evaluar la posición existente respecto a las tecnologías consideradas de mayor impacto.



N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
71	Utilización generalizada de tecnologías para la Integración de turbinas minieólicas en la edificación (tejados, laterales, fachadas, tubos interiores). Nuevos diseños para entornos urbanos	Antes 2015-2025	24	45	6	24	0	30	70
72	Utilización generalizada de sistemas de acoplamiento y control de instalaciones bioclimáticas y sistemas solares pasivos para el acondicionamiento térmico de los edificios.	Antes 2015 -2025	13	20	3	63	14	31	55
73	Desarrollo de edificios para demostración y análisis de sus parámetros de funcionamiento.	antes 2015	3	18	36	42	13	50	38
74	Utilización practica de edificios solares pasivos como un nuevo tipo de explotación eficaz de las energías renovables.	2016-2020	6	19	13	61	17	37	47
75	Utilización generalizada de técnicas solares activas, frío solar.	2016-2020	3	45	28	24	11	46	43
76	Desarrollo de procedimientos para operación y mantenimiento de instalaciones basadas en energías renovables integradas en los edificios.	Antes 2015-2020	3	52	24	21	3	38	59
77	Utilización generalizada de tecnologías para la integración de sistemas fotovoltaicos con sistemas de almacenamiento en los edificios.	2016-2020	14	54	14	18	4	48	48
78	Utilización generalizada de tecnologías de construcción, equipos y sistemas para el ahorro energético en los edificios ya construidos optimizando el uso de los recursos renovables locales y las condiciones del entorno.	Antes 2015-2020	6	58	3	32	0	34	66
79	Utilización generalizada de sistemas de micro- y tri-generación basados en energías renovables.	2016-2025	33	27	27	13	4	61	36
80	Utilización generalizada de sistemas de climatización de distrito (District Heating & Cooling) integrados en la edificación y en el urbanismo de los municipios/ ciudades.	2016-2025	39	13	13	35	3	38	59
81	Desarrollo de sistemas de certificación de equipos y de ciclos formativos para cualificar a los instaladores.	Antes 2015	0	54	27	19	4	20	76
82	Desarrollo de sistemas que permitan integrar la energía geotérmica de baja entalpía en la edificación.	Antes 2015-2025	6	39	26	29	14	29	57

Los temas de mayor impacto para los que se cuenta con mejor posición industrial son el **72**, sistemas de acoplamiento y control de instalaciones bioclimáticas y sistemas solares pasivos para el acondicionamiento térmico de los edificios, que repercutirá sobre la sociedad y la calidad de vida, el **tema 78** y el desarrollo de sistemas de certificación de equipos y de ciclos formativos para cualificar a los instaladores, **tema 81**, que tendrán impacto alto sobre la industria y el mercado. Se dispone de una posición muy alta respecto a la industria y la capacidad de innovación para poder abordar su desarrollo. Las oportunidades surgen asociadas al mercado potencial existente en nuestro país basadas en las condiciones climáticas favorables y el impulso que las implicaciones de la integración en la construcción de las energías renovables, la utilización generalizada de tecnologías de construcción, equipos y sistemas para el ahorro energético en los edificios ya construidos para consolidar la posición competitiva de nuestra industria en el sector.

La arquitectura solar pasiva, **tema 72**, incorpora en el diseño del edificio elementos que permitan recoger y transformar la energía térmica del sol para ser utilizada en climatización, calor y frío, iluminación y ventilación. Los diferentes sistemas pasivos constituyen una solución muy efectiva basada en desarrollos tecnológicos existentes y de bajo coste con un alto potencial de ahorro energético. Las tecnologías incluyen enfriadores y sistemas de absorción que pueden combinarse con la envoltura del edificio con un diseño adecuado, Existen múltiples opciones como el diseño de ventanas y la orientación de la construcción en función de la trayectoria del sol, condiciones de insolación, instalación de ventanas electro cromáticas, colectores de aire incorporados en las fachadas, edificios con

doble fachada, diseños que faciliten el flujo de aire en el interior o tecnologías para el almacenamiento de calor y frío, También hay que considerar las posibilidades que ofrece el diseño urbanístico, los alrededores de los emplazamientos, incorporar la vegetación, instalar sistemas de circulación de agua y otras soluciones que protejan la construcción en verano o en invierno de los rigores climáticos, evitando pérdidas o disminuyendo las necesidades de calor y frío para la climatización.

Los sistemas solares activos utilizan colectores solares para calentar agua en aplicaciones domésticas, climatización, bombas de calor que se discutirán al hablar de la energía geotérmica, y también se utilizan para generar calor en procesos industriales, secaderos o desalinización. Las tecnologías se basan en paneles planos de distintos tipos en los que se recoge la luz del sol para calentar agua y un sistema de tubos para dirigirlo a los distintos usos. Son tecnologías consolidadas pero están en continuo desarrollo incorporando innovaciones para mejorar sus prestaciones mediante nuevos materiales más ligeros y baratos, aumentando la superficie de absorción de los colectores o simplificando las necesidades de montaje y mantenimiento. La eficiencia de los colectores existentes en el mercado, relación entre el calor generado utilizable y la energía solar incidente, depende del diseño utilizado y del sistema al que se incorpora para producir el agua caliente o la calefacción. Los valores están entre el 40-45% para los usos domésticos y, en función de la superficie, la incorporación de sistemas de almacenamiento y actuaciones en la envoltura del edificio, es posible cubrir entre el 20% y el 60% de la demanda en el centro y norte de Europa, dependiendo de la temperatura exterior y la climatología. Finalmente

citar los paneles solares híbridos que combinan la captación de calor del sol para las aplicaciones de agua caliente y climatización con la generación fotovoltaica de electricidad. Es un desarrollo innovador en proceso de comercialización que además tiene la ventaja de la temperatura de la célula fotovoltaica ya que el exceso de calor reduce la tensión que produce por lo que mejora la producción de electricidad y la eficiencia global del conjunto.

Las oportunidades surgen por la necesidad de buscar soluciones para adaptar el edificio al medio en el que se construye integrando la adaptación a las condiciones climáticas existentes y a las necesidades de sus habitantes. Es preciso desarrollar materiales con propiedades adecuadas, buscar innovaciones en los diseños, desarrollar modelos de simulación que permitan evaluar el comportamiento del edificio y el apoyo de la normativa para fijar exigencias en ventanas, paredes y puertas. El mercado potencial es muy amplio abarcado el sector residencial y comercial, instalaciones colectivas como hoteles, colegios, piscinas y sistemas de calefacción centralizados. También pueden integrarse las tecnologías a nivel de distrito con la incorporación de sistemas de almacenamiento lo que permite su utilización como apoyo a los sistemas convencionales como ocurre en Alemania., Suecia, Dinamarca, Holanda, Austria y otros países europeos.

Por tanto se trata de un mercado en continua expansión con amplias posibilidades para desarrollos que permitan reducir costes, mayor duración de las instalaciones y reducir las necesidades de mantenimiento. Se requiere implicar a los diversos agentes que intervienen, promotores, constructores, instaladores, usuarios y a los arquitectos que deben incluir en los diseños arquitectónicos los requisitos

necesarios para las instalaciones. Las oportunidades innovadoras surgen en sectores muy competitivos como el de la cerámica donde se desarrollan baldosas fotovoltaicas para las fachadas, suelos conductores para climatización y baldosas cerámicas radiantes que permiten reducir los consumos de energía en la climatización.

La utilización de tecnologías para el ahorro energética en los edificios ya construidos, **tema 78**, ofrece una oportunidad muy interesante, su horizonte es a corto plazo, antes 2020, y se dispone de una posición competitiva basada en las capacidades industriales y de innovación existentes. Existen empresa de la construcción innovadoras que han participado en proyectos conjuntos entre la industria y los centros de investigación como ARFRISOL en el que se integran tecnologías renovables activas y pasivas para la climatización. Existe legislación y normativa aplicable así como una creciente sensibilización de la sociedad respecto a los temas de eficiencia para este tema que permite optimizar los recursos renovables locales teniendo en cuenta las condiciones del entorno. Se cuenta con capacidades técnicas multidisciplinares y con experiencia para el desarrollo de edificios energéticamente eficientes, fabricantes de equipos y capacidades para la integración de sistemas cuyo desarrollo tendrá repercusiones positivas sobre la creación de empleo. El sector empresarial adquiere como resultado de su participación nuevas capacidades para poder construir de manera distintas a la actual, un modelo innovador, que le permite acceder a nuevos mercados. Las perspectivas de crecimiento se verán afectadas en los próximos años por el Código Técnico de la Edificación que fija instalaciones obligatorias de energías renovables en los nuevos edificios en función de sus dimensiones y usos previstos. Sin embargo los efectos concretos

y el calendario dependerán de cómo se vaya desarrollando la normativa a los distintos niveles incluido el autonómico.

El desarrollo de sistemas de certificación de equipos y de ciclos formativos para cualificar a los instaladores, **tema 81**, considerado de impacto medio – alto sobre la industria y el mercado constituye una oportunidad utilizando las capacidades de que se dispone en industria e innovación. La Directiva 2010/31 establece que los Estados miembros deben establecer objetivos vinculantes mediante medidas específicas para integrar las renovables en los edificios lo que supone promulgar y aplicar normas y códigos en la construcción, establecer procedimientos de certificación y las medidas de inspección necesarias para verificar su cumplimiento. La fecha límite para que los Estados miembros transpongán esta Directiva en el 9 de julio de 2013 fecha en la que deberán exigirse niveles mínimos de integración de renovables en los edificios nuevos y los ya existentes en fase de remodelación teniendo en cuenta los criterios de viabilidad técnica, medioambiental y económica, Estas medidas incluyen códigos y normas, certificaciones, criterios de inspección y las medidas de apoyo necesarias. y para evaluar su grado de cumplimiento deben redactarse los procedimientos que permitan evaluar cuál es el comportamiento de la construcción respecto a eficiencia. Se necesitan ciclos formativos para poder contar con el personal especializado necesario que permita aplicar y vigilar el cumplimiento de la Directiva.

El análisis energético integral de los edificios permite reducir la demanda energética anual en calefacción, refrigeración y agua caliente a lo largo del año mediante las tecnologías solares descritas anteriormente. Para ello se desarrollan

algoritmos para modelizar diferentes técnicas de acondicionamiento para calefacción y refrigeración natural en edificios, subrutinas para evaluaciones energéticas y climáticas, metodologías de validación empírica de modelos de simulación y guías de diseño para la integración arquitectónica de la energía solar pasiva (basada en el diseño arquitectónico y constructivo) y activa (integración de captadores solares térmicos, módulos fotovoltaicos, biomasa y mini eólicas. Para evaluar el funcionamiento de estos modelos es preciso realizar la evaluación térmica de edificios en condiciones reales de uso, proporciona datos experimentales para conocer su funcionamiento y diagnosticar el ahorro posible a lo largo de su ciclo de vida. El concepto de calidad energética en la edificación debe ser asumido por la población, los arquitectos y los promotores como un valor añadido para impulsar la demanda de mercado compensando con el ahorro en los consumos la repercusión de los costes.

Se recomienda el desarrollo de proyectos específicos para demostrar la viabilidad, tecnológica y económica, de la integración de las renovables de manera que los constructores se impliquen en los desarrollos y descubran las oportunidades de mercado que ofrecen, como los proyectos singulares estratégicos ARFRISOL y ENVITE del MICCIN. El primero tiene como objetivo el análisis energético integral de cinco edificios construidos en distintas zonas geográficas de nuestra geografía y sujetos por tanto a diferentes condiciones climáticas. Se trata de cinco prototipos experimentales, contenedores demostradores de investigación, que permitirán demostrar y evaluar el comportamiento de cada una de las construcciones y las tecnologías de acondicionamiento térmico para conseguir reducciones del más del 60% integrando energía

solar y arquitectura bioclimática. ENVITE construye un edificio en el sector primario, dedicado a oficinas, talleres y aulas en Valladolid, y una vivienda bioclimática en el parque Sotavento en Galicia. Estos dos proyectos evalúan las ventajas de este tipo de arquitectura y se han realizado en cooperación entre centros de investigación y empresas de los sectores de la construcción, refrigeración solar y solar térmica. Como resultado las empresas descubren oportunidades de actuación en los nuevos mercados, facilitando la innovación y la creación de empleo. Estos proyectos contemplan la construcción de prototipos, Contenedores Demostradores de Investigación, para monitorizar los datos experimentales necesarios utilizando equipos de fabricación nacional como los captadores térmicos, módulos fotovoltaicos, máquinas de absorción o la integración arquitectónica que permiten e a las empresas adquirir experiencia en este tipo de innovaciones.

La incorporación de turbinas minieólicas en los edificios y las ciudades, **tema 71**, se desarrollará antes del 2025 y para el que se dispone de una posición competitiva basada en la alta capacidad industrial e innovadora por lo que constituye una oportunidad estratégica para nuestras empresas. Se requiere resolver los obstáculos legislativos existentes, considerados medio alto, para lo que requiere medidas de apoyo de la administración. La problemática de estas instalaciones ha sido ya discutida en el tema 23 ya que ha es uno de los temas con mayor impacto y para el que se dispone de mejor posición en el área eólica. La incorporación a la edificación de pequeñas turbinas puede ser un factor importante para contribuir a resolver los problemas de suministro en las ciudades y crear así un posible nicho de mercado. Las turbinas,

tanto las de eje vertical como horizontal, pueden adaptarse a las especificaciones necesarias sin necesidad de cambios industriales. Sin embargo surgen dificultades ligadas a las condiciones del viento existentes y la problemática de los emplazamientos en zonas urbanas. Es preciso buscar soluciones arquitectónicas innovadoras donde las turbinas formen parte del diseño y se combinen con otras tecnologías ya citadas como otras energías renovables, arquitectura bioclimática,.. etc. Para cada edificio, o elemento urbanístico donde sea posible como en el caso de los puentes, requiere soluciones estructurales que aseguren el funcionamiento de la instalación y su seguridad sin afectar al entorno en el que se encuentran. Respecto a las condiciones de viento, ya se citó al hablar del tema 26, considerado una oportunidad estratégica en el sector eólico, la necesidad de modelos y los métodos de predicción. Hay que disponer de datos que permitan desarrollar estudios capaces de predecir en tiempo real cuáles serán las condiciones de funcionamiento. Las capacidades de que se dispone permiten obtener desarrollos competitivos creando así nuevas oportunidades de mercado. El papel de la energía geotérmica, que se discute en el apartado siguiente, será también muy relevante ya que los avances tecnológicos que se están consiguiendo suponen una oportunidad de penetración en los mercados.

El **tema 79**, utilización de sistemas de micro- y tri-generación basados en energías renovables es una oportunidad en función de la capacidad industrial existente, su impacto es medio y su horizonte de realización está comprendido entre el 2021 y el 2025. Se trata de incorporar sistemas renovables, solares o geotérmicos, para refrigeración por absorción mediante un ciclo basado materiales capaces de absorber el calor en un medio y que al cambiar de

estado se enfría. En lugar del compresor movido por electricidad estos materiales utilizan el calor para condensar el refrigerante. Se requieren desarrollos en nuevos materiales para reducir los costes actuales y conseguir su utilización a gran escala, con mercados potenciales no solo en la edificación sino también en instalaciones industriales donde el calor no se aprovecha adecuadamente.

Finalmente el concepto de “ciudad inteligente” será importante para conseguir diseñar un sistema energético más sostenible. El 70% de la población española habita en ciudades por lo que las actuaciones que se desarrollen respecto a la integración de las renovables y la eficiencia por los responsables de la toma de decisiones y los ciudadanos que las habitan tendrán amplias repercusiones. La planificación de los equipamientos públicos, que deben ser accesibles al mayor número posible de la población, la adopción de normativas específicas y las infraestructuras debe tener como objetivos conseguir un consumo casi nulo para reducir las emisiones. Surgen así múltiples áreas para posibles actuaciones, aplicación de criterios de eficiencia energética en el alumbrado público, instalaciones y equipamientos basados en energías renovables, auditorías energéticas, certificación de edificios, promover el uso de vehículos con combustibles alternativos a la gasolina y diesel, como biocarburantes o coches eléctricos, la movilidad urbana, los intercambiadores de modos de transporte, y las medidas ya citadas de rehabilitación de edificios que deben ser contempladas como actuaciones globales en la planificación urbana. Conviene tener en cuenta posibles necesidades futuras como las derivadas de la competencia en los usos agua y su relación con la energía que cada vez resulta más acuciante.

5.9. Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie del terreno, un recurso renovable con aplicaciones en la generación de electricidad, los sistemas de climatización y la producción de agua caliente. Para ello extrae el calor atrapado en distintos tipos de rocas que, en función de su temperatura y del tipo de material que las componen, puede salir al exterior como agua, en general con altas concentraciones de sal disuelta, salmuera, vapor o mezclas de ambas.

La producción de calefacción y frío se basa en la explotación de dos tipos de recursos. Los de temperaturas inferiores a los 30°C, someros o de muy baja entalpía, utilizan el calor almacenado en aguas subterráneas o el propio calor del terreno. Los de media y baja temperatura, de 30 °C a 150 °C explotan recursos a mayor profundidad. Las plantas para producir electricidad utilizan tecnologías similares a las de las plantas convencionales de generación como turbinas, intercambiadores de calor y otros equipos de generación pero la temperatura de operación está entre 50 °C y 250 °C. Junto con el uso directo del calor contenido en el yacimiento es posible combinar la generación de electricidad aprovechando el calor sobrante después de pasar por la turbina mediante ciclos combinados. Las plantas geotérmicas de electricidad se diferencian de las de carbón en las características de los emplazamientos que están asociados al uso del recurso y su composición química ya que puede contener minerales disueltos, gases y otras sustancias que pueden afectar a la operación de la planta. Las instalaciones para la generación de calor se subdividen en alta entalpía basadas en calor de alta y media temperatura, y las de baja entalpía, con temperaturas bajas y bombas de calor.

Durante los últimos años el uso de la energía geotérmica ha aumentado en Europa y otros países del mundo en base a sus ventajas como fuente de energía no contaminante y gestionable, capaz de funcionar continuamente. La geotérmica de baja entalpía sigue una tendencia de mercado al alza durante los últimos años en Europa, con 150 MWt instalados en España. Las instalaciones de alta entalpía están muy desarrolladas en distintos países europeos, como Islandia e Italia, y del resto del mundo aunque todavía no ha alcanzado ese grado de difusión en nuestro país. Entre 2005 y 2009 la energía geotérmica aumentó en 1,8 GW alcanzando un total de 10,7 GW de capacidad acumulada en todo el mundo, es decir alrededor de 61,8 TWh anualmente en generación de electricidad. En la Unión Europea la capacidad instalada de generación eléctrica es de 1 GW que producen 7.000 GWh anualmente. En el sector de la calefacción la capacidad es de 9 GWth. Los mercados más desarrollados para la producción eléctrica son Italia, Francia, Portugal e Islandia mientras que en calor son Suecia, Italia, Grecia, Francia y Alemania.

Vision 2050⁽⁴⁸⁾ publicado por European Geothermal Energy Council, señala la tendencia ascendente en la utilización de la energía geotérmica desde 1995 en el conjunto de los 27 países de la Unión Europea que podría llegar a los 39.000 MW térmicos de capacidad instalada en 2020, equivalente a 10,5 Mtoe en calor y frío. Estos objetivos dependen de que la geotermia sea considerada como una opción incluida dentro de la Directiva para la integración de las renovables en la edificación y los desarrollos tecnológicos que se incorporen en ese periodo. Las dificultades radican principalmente, en la falta de

legislación específica y la ausencia de incentivos y programas de apoyo para impulsar su difusión en los mercados a lo que se une la falta de interés de los usuarios por no conocer sus prestaciones.

La situación en nuestro país evoluciona en los últimos años en función de los desarrollos tecnológicos basados en la actividades de I+D+i del sector, como reflejan los datos de APPA (2010) al asignar la contribución de la energía geotérmica al PIB a las actividades de investigación del sector. La geotérmica de alta entalpía supuso una contribución de 12 millones de euros en 2009, frente a los 4 millones de 2005 mientras que la de baja entalpía aportó 8 millones de euros en 2009, mientras que en 2005 su contribución fue de 1 millón de euros.

El PER 2005-2010 no incluía objetivos para esta energía mientras que si aparecen en el PANER 2011-2020 que fija alcanzar 10 MW en 2018 y 50 MW en 2020. El borrador del PER 2011-2020 publicado en el primer semestre de este año, conserva este objetivo de 50 MW. Sin embargo la opinión de la industria geotérmica es que estos valores son poco ambiciosos. Geoplat, la Plataforma Española de Geotermia, estima que sería posible aumentar desde los 80 MW actuales a 1000 MW de electricidad y 300 MW térmicos en el 2020, y conseguir 3.000 MW eléctricos y 1.000 MW de calor en el 2030, siempre que el marco regulatorio lo permita.

Los temas propuestos en este área inciden en identificar tecnologías innovadoras y nuevas líneas de I+D+i que contribuyan a buscar soluciones para disminuir los costes y crear las capacidades

⁽⁴⁸⁾<http://egec.info/wp-content/uploads/2011/02/EGECs-answer-to-EC-consultation-on-roadmap-2050-annex.pdf>

científicas y tecnológicas que permitan optimizar el uso de los recursos existentes. Como se puede observar en la siguiente tabla los temas se consideran con impacto sobre la industria y el mercado junto con la repercusión en el desarrollo científico y tecnológico, Se dispone de capacidades tecnológicas e industriales para poder

abordarlos y los principales obstáculos son la falta de medidas de apoyo de las administraciones y los costes económicos. Destaca la favorable posición científica, los valores más altos de todo el cuestionario, que constituye una base importante para afrontar los desarrollos necesarios.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
83	La geotermia de baja temperatura, < 30°C, alcanza una potencia instalada de 1.000 MW térmicos en 2020 lo que supone un crecimiento del 50% en los próximos años.	2016-2025	25	43	14	18	7	52	41
84	La energía geotérmica de media y alta temperatura supone una potencia eléctrica instalada de 1.000 MW eléctricos y 300 MW térmicos en 2020.	2016-2025	36	32	32	0	17	58	25
85	Desarrollo de nuevas técnicas de investigación geológica para exploración y evaluación de los recursos geotérmicos.	2016-2025	0	13	88	0	35	48	17
86	Utilización generalizada de bombas de calor por los avances tecnológicos alcanzados en la reducción de los costes de fabricación e instalación.	2021-2025	0	67	15	19	4	23	73
87	Desarrollo de tecnologías y sistemas para reducir los costes de los diseños actuales de los circuitos de intercambio de calor.	Antes 2015-2020	0	63	33	4	9	50	41
88	Desarrollo de técnicas de prospección que permitan minimizar los riesgos geológicos.	Antes 2015-2020	0	24	76	0	24	57	19
89	Desarrollo de proyectos de demostración.	Antes 2015	4	42	50	4	9	48	43

Los temas para los que se cuenta con mejor posición científica y que se consideran con mayor impacto sobre el desarrollo científico y tecnológico, están relacionados con la caracterización de los emplazamientos geotérmicos, **temas 85 y 88**. La difusión en los mercados después de demostrada su viabilidad económica de las bombas de calor, **tema 86**, tendrá repercusión sobre la industria y los mercados y se cuenta con las capacidades científicas y tecnológica necesarias para afrontar su desarrollo.

La operación de las plantas geotérmicas depende de la temperatura y las características físicas del recurso. Las plantas de vapor directo utilizan directamente el vapor producido en las rocas del emplazamiento para hacerlo pasar a través de una turbina y generar electricidad. Si la temperatura del agua es alta, entre 175°C-300°C, se conduce a la superficie en condiciones de alta presión. Al llegar a la planta se hace entrar en una zona donde la presión es menor se expande como vapor, "flash", que se utiliza en la turbina. Cuando la temperatura del recurso es baja, 90°C-175°C, se utilizan las plantas de ciclo binario, en las que el fluido geotérmico se hace pasar previamente por un circuito primario y un intercambiador de calor donde se calienta otro fluido térmico que se convierte en gas y se utiliza en la turbina. En ambos casos el vapor y el agua llevan disueltas diferentes sustancias que deben ser separadas antes de su uso para no dañar la turbina y el fluido, una vez extraído el calor que contiene, se recupera para volver a ser inyectada en el yacimiento.

Conocer y evaluar las características geológicas de los recursos existentes en nuestro país es la fase previa para poder iniciar el desarrollo de proyectos ya la construcción de instalaciones para aprovechar este tipo de energía. La explotación

de la energía geotérmica requiere caracterizar los yacimientos y recursos existentes, localizar y evaluar los emplazamientos para poder identificar las áreas geográficas más favorables. Los resultados que se obtengan permitirán identificar cuáles son las tecnologías más adecuadas dependiendo de la temperatura del recurso y el tipo de fluido para poder obtener la mejor eficiencia en la utilización. Los depósitos geotérmicos, están formados por rocas permeables donde se almacena el calor y el agua o vapor que contienen. Su explotación depende de la gestión del recurso y el tipo de fluido geotérmico lo que puede requerir re-inyectar el agua utilizada de nuevo en el depósito para mantener su funcionamiento. Esta alternativa es también utilizada ya que en muchas ocasiones los yacimientos están en zonas áridas por lo que toda la planta, incluida los sistemas de refrigeración, debe ser diseñada para reducir al máximo el consumo de agua. Esto supone buscar soluciones físicas y diseños de ingeniería así como analizar los cambios de presión, temperatura y volumen del fluido junto con su composición. Cualquier modificación de alguna de estas características afecta directamente al funcionamiento de la planta y a la viabilidad del proyecto.

Las tecnologías necesarias para explotar el yacimiento geotérmico estarán relacionadas con el tipo de yacimiento y el vapor o agua caliente que contenga. La gestión adecuada requiere evitar que la explotación no limite la vida media del yacimiento y diseñar como reinyectar agua para mantener la presión y continuar la producción en las condiciones adecuadas. El funcionamiento de la planta y su eficiencia necesitan poder predecir cuál va a ser el comportamiento del yacimiento y su evolución de manera que se asegure la rentabilidad del proyecto. Este proceso comienza con la fase de

exploración analizando los datos geofísicos para poder localizar los emplazamientos más adecuados y seguir su evolución a lo largo de la vida operativa de la planta. Se requiere evaluar el volumen de agua producido en el yacimiento, la profundidad y el número de pozos necesarios, monitorizando su evolución en función del desarrollo de la explotación. Para ello será necesario disponer de datos sobre el flujo geotérmico, su composición, circulación en el yacimiento y las rocas adyacentes, velocidad, presión, y las propiedades físicas y químicas. Estos datos experimentales se utilizan en un modelo que permite predecir el comportamiento del yacimiento a largo plazo comparando los datos reales de operación con los que predice el modelo. La instrumentación y los métodos de análisis empleados son la base para el diseño de ingeniería de la planta y la selección de las tecnologías más adecuadas. El diseño de la planta se basa en los resultados de la exploración realizada previamente mediante medidas geológicas y datos geofísicos que permitan localizar los emplazamientos y caracterizar el recurso. Esta evaluación debe continuar a lo largo del funcionamiento de la planta lo que implica tener que conocer todos los datos necesarios para poder predecir el comportamiento del recurso a largo plazo. Se dispone de capacidades científicas y tecnológicas suficientes para la localización de los emplazamientos más favorables y determinar sus características de temperatura y capacidad de producción reduciendo los riesgos asociados a la explotación. Los obstáculos se asocian los costes que supone la perforación de los pozos y los equipos necesarios. En algunos casos se está analizando la posibilidad de la inyección de CO₂ aunque sus características térmicas no son muy buenas pero podría ayudar en el desarrollo de sistemas para la captura de carbono contribuyendo a la rentabilidad de los proyectos. También hay

proyectos para la utilización conjunta de yacimientos geotérmicos y de sistemas para el almacenamiento de energía por aire comprimido rentabilizando la explotación. En el caso de la geotérmica de baja entalpía, localizado el recurso se instalan colectores que captan la energía mediante un fluido portador del calor, sistemas cerrados, o aprovechando directamente el del propio recurso si su temperatura es suficientemente elevada. Los colectores se colocan en los emplazamientos mediante pozos verticales perforados a profundidades de entre 8 y 200 metros o en zanjas horizontales excavadas entre 0.5 y 1.5 metros debajo de la superficie

El **tema 86**, se refiere a la difusión en el mercado de las bombas de calor en función de la reducción de costes. Estos dispositivos utilizan una fuente de energía para transferir calor de un medio frío a un fluido más caliente que distribuye el calor por el espacio que se quiere acondicionar. Las bombas captan calor en un lado del circuito, para liberarlo en el otro, con un funcionamiento parecido al de los sistemas de aire acondicionado. Cuando el dispositivo enfría el fluido se comprime atravesando un circuito que recorre la vivienda absorbiendo el calor del ambiente. Posteriormente llega a un compresor, aumenta la presión y sube la temperatura pasando al circuito externo donde libera calor circulando hasta un sistema de expansión donde se vuelve a enfriar y vuelve a entrar en el circuito. En el caso de la calefacción geotérmica se utiliza el calor del terreno, en invierno se absorbe para liberarlo en el edificio y en verano se absorbe el calor de la vivienda y se cede al terreno. Como la temperatura del terreno es constante, se mantiene entre 7°C y 14°C todo el año, el intercambio de calor es un proceso muy eficiente en el que se consume muy poca energía. La energía geotermia también

es aplicable para instalaciones de calefacción y refrigeración doméstica, redes de climatización de distrito, invernaderos, piscifactorías o procesos industriales. Existen distintas técnicas para poder aprovechar el calor del suelo dependiendo del tipo de yacimiento, la accesibilidad y las características de temperatura, presión y composición del fluido térmico. Se clasifican en circuitos abiertos que utilizan el fluido geotérmico directamente, y cerrados en el que se instala un circuito intercambiador en el suelo para captar la energía calorífica. Estos circuitos cerrados pueden ser un intercambiador de tipo horizontal, una tubería con un fluido que puede ser agua enterrada en zanjas poco profundas, menor de un metro, ocupando una cierta superficie del terreno. También pueden ser verticales, excavando pozos con profundidades de 60 a 200 metros, y en función del diámetro de la tubería que depende del volumen, se pueden obtener rendimientos entre 10 y 20 m/kW. Los circuitos abiertos son más sencillos de instalar ya que es suficiente una bomba sumergible en el yacimiento pero suponen limitaciones en la explotación. También existen sistemas para climatización en los que el sistema de ventilación del edificio circula por un intercambiador enterrado en el suelo con lo que aprovechando la temperatura del terreno para reducir la carga térmica en la construcción. Las bombas de calor han conseguido reducir sus costes de fabricación e instalación en función de las mejoras en la eficiencia de los equipos resultando competitiva con el gas. La crisis económica ha afectado al mercado que en 2009 disminuyó en 9,9% en Europa respecto al año anterior, según los datos más recientes publicados por Euroobserver, rompiendo así la tendencia al crecimiento que venía siguiendo. La causa ha sido es la crisis del sector de la construcción aunque también ha influido el precio de la energía que ha repercutido en que los usuarios elijan comprar

instalaciones basadas en combustibles fósiles, una inversión inicial más barata pero menos eficaces bajo el punto de vista de la eficiencia.

Existen capacidades tecnológicas e industriales medias para conseguir que la potencia geotérmica instalada de baja temperatura sea de 1.000 MW térmicos y alcanzar con recursos de media y alta temperatura los 1000 MW eléctricos y 300 MW térmicos, **temas 83 y 84**. Estos temas tendrán impacto en la industria y el mercado en el horizonte de los próximos quince años y se dispone de capacidades para afrontar competitivamente el resto de crecimiento de potencia geotérmica, eléctrica y térmica, previsto para el horizonte del 2020 por el sector industrial aunque se requiere superar los obstáculos económicos. Ambos desarrollos requieren nuevas tecnologías que permitan reducir los costes por lo que las oportunidades existentes requieren un esfuerzo por parte de las administraciones para desarrollar proyectos que permitan demostrar la viabilidad de las instalaciones y su competitividad. Hay que tener en cuenta que cualquier mejora en las tecnologías actuales de conversión repercutirá sobre la viabilidad de los sistemas que, además, deben adaptarse a las condiciones geológicas de los emplazamientos. Las condiciones de operación de las plantas dependen de la temperatura del recurso y requieren mejoras en los procesos de conversión, los fluidos que se emplean para extraer el calor y el diseño de las turbinas para mejorar la producción de energía. También es necesario desarrollar nuevos materiales que permitan manejar los diferentes tipos de líquidos que pueden ser muy corrosivos por las sales que llevan disueltas, además deben ser resistentes al calor y operar a altas temperaturas. Finalmente los sistemas de circulación son muy importantes ya que el recurso puede estar situado en

una zona con escasez de agua por lo que se requieren diseños que permitan recuperar el vapor después de utilizado mejorando la producción de energía.

Como ejemplo de las actuaciones necesarias se pueden citar dos proyectos que se están llevando a cabo en Tenerife y Madrid. El primero construye una planta geotérmica en la isla volcánica de Tenerife aprovechando las condiciones físicas existentes, con yacimientos geotérmicos de más de 240°C. El interés radica en poder cubrir la demanda existente, que puede alcanzar los 800 MW debido a la afluencia turística, con picos de 1,5 millones de personas en temporada alta, y en los precios de la electricidad que se consume en Tenerife, La generación eléctrica se basa en diesel importado que además del coste, superior a los 140 \$ por MW en función del mercado, supone emisiones de gases de efecto invernadero. Por tanto la geotérmica es una solución viable tecnológicamente, competitiva económicamente y una alternativa para disminuir la dependencia energética. El otro proyecto es el diseño de un sistema de calefacción de distrito que se está diseñando en la Comunidad de Madrid por varias compañías. La oportunidad surge del interés de empresas españolas en participar en estos desarrollos y conseguir una posición competitiva en los mercados.

5.10. Energías Marinas

Las energías marinas engloban diversos recursos y un gran número de tecnologías. Los recursos son el movimiento de las aguas causado por las mareas debidas a la gravitación, el oleaje producido por el

viento, las corrientes marinas y los gradientes de salinidad y temperatura, a los que habría que añadir la biomasa de origen marino. Para la producción de energía se utilizan diversas tecnologías⁽⁴⁹⁾ validadas en el laboratorio que se encuentran en fase de demostrar su viabilidad mediante la construcción de prototipos a escala comercial sin que haya una tecnología consolidada a nivel industrial.

La energía marina es un recurso abundante, predecible y con alta densidad energética, aunque con limitaciones en función de la localización geográfica. Se estima que esta densidad es de 25 kW por metro de frente de ola, comparado con 1 kW/m² de la eólica o la solar. Las olas se propagan a lo largo de miles de kilómetros, la densidad del agua marina es ochocientos veces superior a la del aire en el interior de una turbina, se conoce su trayectoria, magnitud y dirección que determinan el flujo de energía, y es posible prever su aparición e intensidad. Existe amplia experiencia derivada de la operación de las plataformas marinas sobre la problemática asociada al funcionamiento de equipos en las mismas condiciones y su comportamiento ante acontecimientos meteorológicos que puede ayudar al diseño de las instalaciones necesarias. Y en relación con su potencial, hay que recordar que dos tercios de la superficie de la Tierra están en movimiento por la energía del viento en las olas a lo que habría que sumar los gradientes de temperatura y salinidad. La diferencia de temperatura existente entre el agua de la superficie y la que existe a 1.000 metros bajo la superficie es de 20°C en zonas tropicales. A finales de los años setenta se construyó una planta de este tipo en Hawái con una capacidad de 50 kW pero el proyecto fue abandonado por falta de recursos.

⁽⁴⁹⁾<http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/hydrokinetic/listings.aspx?type=Tech>

A pesar de estas ventajas, la energía marina no está muy desarrollada en la actualidad respecto a otras energías renovables. Las instalaciones marinas construidas y los proyectos iniciados entre 1974 y 1979, después de la primera crisis del petróleo, no tuvieron continuidad al recuperarse los mercados energéticos, los recursos asignados disminuyeron y los responsables perdieron interés en esta fuente de energía. La construcción de instalaciones experimentales se enfrenta a los obstáculos derivados de tener que funcionar en un ambiente físico hostil, vientos fuertes o la corrosión de componentes, lo que supone costes elevados que dificultan la búsqueda de soluciones competitivas. La crisis energética actual y el riesgo de cambio climático han despertado el interés por la energía marina en países con un alto potencial para su explotación, como el Reino Unido, Irlanda, Australia, Estados Unidos o Portugal. El mercado de la energía marina está basado en tecnologías cuyo funcionamiento se conoce en base a la hidrodinámica física y la ingeniería mecánica pero que necesita demostrar su viabilidad industrial y económica en base a proyectos de investigación y construcción de plantas de ensayo en las que están involucradas numerosas compañías. Los costes disminuyen rápidamente siguiendo el aumento en el rendimiento de los dispositivos utilizados para producir energía que a su vez depende de la nueva capacidad instalada.

La energía contenida en los océanos que podría ser explotada de manera efectiva⁽⁵⁰⁾ para la generación a costes competitivos se estima en 8.000 – 80.000 TWh anuales para la energía del oleaje, 800 TWh/año para la producida por las corrientes marinas,

2.000 TWh/año para la derivada del gradiente salino, energía osmótica, y de 10.000 TWh/año el potencial del gradiente térmico. La hoja de ruta publicada por European Ocean Energy Agency considera posible alcanzar una potencia instalada de 3,6 GW en 2020 y 188 GW en 2050 si se realiza el esfuerzo necesario para mejorar las tecnologías actuales mediante proyectos conjuntos industria-investigación para conseguir acelerar su viabilidad. Esta potencia instalada produciría 9 TWh anuales en 2020 y 645 TWh en el 2050, suficiente para cubrir el 0,2% y el 15% de la demanda eléctrica europea estimada para esas fechas.

Por las características geográficas España dispone de un mercado potencial importante para explotar esta energía. El atlas del potencial energético marino, ENOLA⁽⁵¹⁾, realizado por la Universidad de Cantabria para el IDAE indica que existe un potencial de 40 – 45 kW por metro de ola en Galicia, 30 kW en el Cantábrico y 10 kW en el norte de las islas Canarias y el golfo de Cádiz, las regiones más favorables para explotar esta energía. Existen además importantes variaciones estacionales y temporal que suponen 75 kW, 50 kW y 35 kW, respectivamente en las regiones citadas por lo que se podría llegar a entre 5 TWh y 16 TWh, en función de cómo se desarrolle el mercado que actualmente está en formación y para el que no existen datos de producción.

De acuerdo a los datos de APPA (2010) la aportación de la energía marina al PIB en 2009 ha sido de 7,5 millones de euros, principalmente derivados de las actividades de I+D+i. Estos datos se comparan con los 3,3 millones de su

⁽⁵⁰⁾http://www.iea-oceans.org/_fich/6/Review_Policies_on_OES_2.pdf

⁽⁵¹⁾<http://www.ihcantabria.com/enola/>

contribución en 2003 y los 6,4 millones en 2008. El PANER 2011-2020 incluía en sus previsiones por primera vez a la energía marina, no recogida en los planes anteriores para el fomento de las renovables, con la propuesta de un marco regulatorio específico en el que se aparecen otras medidas para el impulso del sector. Los objetivos que se citaban eran alcanzar 50 MW de potencia instalada en 2018 y 100 MW en 2020. Sin embargo el borrador publicado del PER 2011-2020 solo habla del objetivo de 100 MW para el 2020.

Los temas relacionados con las energías marinas tratan de evaluar el potencial de estas tecnologías de carácter emergente en función del desarrollo industrial y la competitividad empresarial. Como se puede ver en la tabla, los temas tienen un horizonte temporal a largo plazo, la mayoría se cumplirá más allá del 2020, y el impacto será sobre el desarrollo científico y tecnológico. Se cuenta con capacidades científicas y tecnológicas que ofrecen oportunidades para diseñar actuaciones estratégicas y los obstáculos principales son los costes económicos.

N.º	TEMA	Tiempo	S.E.	I y M	D.C-T	Social	Cap. científicas	Cap. tecnológicas	Industrial. Innovación
90	La potencia marina instalada en Europa alcanza 15 GW en 2030.	Más allá 2025	36	31	28	6	23	54	23
91	Desarrollo de tecnologías competitivas para la conversión de la energía del oleaje en electricidad.	2016-2020	8	43	48	3	23	54	23
92	Desarrollo de tecnologías para utilizar las mareas y corrientes marinas como fuente de energía competitiva.	2016 más allá 2025	14	32	49	5	11	72	17
93	Desarrollo de dispositivos como membranas osmóticas semi-permeables para generar energía utilizando el gradiente salino del océano.	Más allá 2025	0	28	66	7	57	21	21
94	Desarrollo de nuevos sistemas de conversión de energía y conexión a red para operar en el medio marino que permitan acelerar la competitividad económica.	2016 más allá 2025	26	32	35	6	15	59	26
95	Desarrollo de las infraestructuras y las capacidades necesarias para impulsar las energías marinas.	2016-2020	23	33	38	5	11	34	55

Los dos temas que resultan más atractivos en función de la posición son el desarrollo de tecnologías para poder utilizar las mareas y las corrientes marinas como fuente de energía competitiva, **tema 92**, para el que se dispone de capacidades tecnológicas, y los desarrollos necesarios para aprovechar el gradiente salino, **tema 93**, cuya posición se basa en las elevadas capacidades científicas existentes, el tercer valor más elevado del cuestionario.

Las tecnologías que se utilizan para aprovechar la energía de las olas absorbiendo su energía cinética pueden utilizarse en instalaciones en mar abierto o en la costa. Los diferentes dispositivos existentes tratan aprovechar el movimiento de oscilación pendular causado por el oleaje para mover un generador. La observación de la dirección y fuerza de los vientos en la zona permite caracterizar y seleccionar los emplazamientos más adecuados. Según su diseño, pueden absorber la energía de la ola incidente en una determinada dirección o en varias direcciones, sumergidos o flotantes absorbiendo la energía y adaptándose a las condiciones del oleaje para transformarlo en energía aprovechable. Los terminadores o totalizadores son instalaciones donde el vaivén de las olas comprime y expande una columna de aire para mover una turbina. La variedad de dispositivos es muy amplia, alrededor de doscientos diseños en diferentes fases de diseño conceptual, modelos a escala o prototipos de los que solo media docena⁽⁵²⁾ han sido ensayados en condiciones reales de funcionamiento y se dispone de datos sobre su comportamiento. El futuro de la industria dependerá de los resultados obtenidos en los proyectos de demostración que se están desarrollando actualmente.

La energía de las mareas utiliza la diferencia de altura en el nivel del agua entre la pleamar y la bajamar que se producen dos veces al día por causa de la rotación de la Tierra y de la atracción lunar. El agua se deja pasar por una barrera al subir el nivel, se almacena y se deja salir al descender. Hay dos grandes tipos de centrales, las de barrera y las lagunas artificiales. En el primer caso un dique cierra completamente el paso del agua que lo atraviesa por una serie de esclusas cuando crece la marea. Al descender, el agua vuelve a pasar por el mismo lugar atravesando las turbinas y generando la electricidad. Las lagunas funcionan de la misma forma pero no cierran completamente la circulación del agua aprovechando solo una parte del caudal. Es una tecnología probada cuyo inconveniente es que solo resulta factible en determinadas zonas geográficas donde las mareas son suficientemente fuertes. La energía de las mareas ha sido una de las tecnologías utilizadas para aprovechar poder los movimientos de subida y bajada del nivel del mar desde hace más tiempo, los molinos de agua se emplean en España desde la Edad media para moler el trigo en emplazamientos adecuados. La planta de La Rance en Francia funciona desde 1960 con una capacidad de 240 MW y 214 turbinas que generan 600 GWh anuales. Otras plantas similares están en Sihwa en Corea del Sur con 254 MW, Jiangxis en China, con una capacidad total de 3.2 MW o la planta de Annapolis, Canadá, de 20 MW que produce entre 80 y 100 MWh.

Las corrientes marinas están causadas por el movimiento del agua de los océanos alrededor del globo terrestre, como la corriente del Golfo o El Niño, con características de temperatura, dirección, profundidad y anchura según los lugares donde se

⁽⁵²⁾<http://www.garnautreview.org.au/update-2011/commissioned-work/potential-wave-energy.pdf>

produzca. Para aprovechar la energía se coloca una turbina en el flujo del agua, flotante o anclada al fondo, con eje horizontal o vertical. La energía disponible es proporcional al cubo de la velocidad de la corriente en el emplazamiento. La potencia generada, como en el caso de viento, es también proporcional a su área y a la densidad del medio. Como el agua es 900 veces más densa que el aire las turbinas marinas que se necesitan son de menor tamaño, tres veces más pequeñas, que una instalación eólica de igual potencia. Se están desarrollando equipos modulares siguiendo el modelo de los parques eólicos para conseguir mayor producción, desarrollar la economía de escala y minimizar los problemas de transporte y conexión a la red.

El aprovechamiento de la energía térmica del océano se basa en la diferencia de temperatura entre las capas profundas del mar, frías, y las de la superficie, calientes por la acción del sol. Empezó su desarrollo a finales de los años ochenta, sobre todo en estados Unidos por sus favorables localizaciones. El rendimiento del sistema, parecido la de una instalación geotérmica, depende de la diferencia de temperatura que debe ser al menos de 20 °C, como que sucede en las zonas tropicales, y tiene la ventaja de ser un recurso renovable que puede funcionar sin intermitencias. El agua caliente de la superficie se calienta un fluido térmico o se usa en un circuito intercambiador para mover una turbina y se condensa utilizando el agua fría de las profundidades.

La favorable posición tecnológica existente nos permite abordar competitivamente los desarrollos para conseguir que las energías marinas tengan una capacidad instalada de 15 GW más allá del 2025, objetivo compatible con la hoja de ruta propuesta

por la EOEa. Las oportunidades surgen en conseguir soluciones tecnológicas innovadoras para aprovechar la energía del oleaje las mareas o las corrientes marinas. El crecimiento de la industria debe basarse en la realización de proyectos de demostración para ensayar prototipos en condiciones reales de funcionamiento.

Para explotar el gradiente salino del océano, **tema 93**, la tecnología se basa en el proceso de ósmosis por el que las moléculas de un elemento contenido en una disolución se separan al atravesar una membrana semipermeable. Si en un lado de la membrana se bombea agua dulce, procedente de un río, y en el otro agua marina, el proceso de osmosis en la membrana da lugar a un flujo de agua dulce hacia la zona salada causando una diferencia de presión capaz de mover una turbina. La primera planta de este tipo ha sido construida en Noruega⁽⁵³⁾ en 2009 con el objetivo de ensayar los diferentes componentes para buscar soluciones que permitan abordar la construcción de una planta comercial que podría cubrir el 10% de las necesidades energéticas del país. En Holanda se ensaya un procedimiento similar, la electrolisis inversa, en el que la separación se hace por unas membranas alimentadas por corriente eléctrica, como una pila. En ambos casos el reto está en conseguir membranas eficaces mediante nuevos materiales que permitan producir energía con rentabilidad a costes competitivos y en encontrar los lugares adecuados en lo que se mezcle el agua de un río con la del mar.

La energía osmótica, es una tecnología en fase de maduración cuyo desarrollo industrial necesitará nuevos conocimientos para lo que disponemos de una excelente posición científica. Los obstáculos

⁽⁵³⁾<http://www.statkraft.com/energy-sources/osmotic-power/>

aparecen ligados no solo a las membranas para demostrar su viabilidad económica sino a todos los equipos que intervienen en el proceso, el diseño de las plantas y sus posibles impactos ambientales.

La favorable posición tecnológica de que se dispone permite abordar como una oportunidad estratégica el **tema 94**, sistemas de conversión de energía y conexión a red para operar en el medio marino. Los conocimientos y capacidades deben utilizarse para buscar solución a los problemas actuales como el comportamiento en el tiempo de las infraestructuras, los equipos y el diseño de los sistemas para el transporte y la conexión a la red eléctrica de la energía producida. Ya se ha comentado al discutir los temas de redes y distribución de energía como nuestras empresas están en condiciones de competir en la resolución de los problemas que plantea integrar las energías renovables en el sistema eléctrico. Además existe tejido industrial con capacidad para proporcionar el equipamiento utilizado incorporando soluciones que permitan el trazado de redes inteligentes y la generación distribuida. El desarrollo alcanzado en los temas de acceso a la red de instalaciones aisladas y la gestión de los parámetros de funcionamiento garantizando la calidad del suministro a los usuarios es un activo importante que puede también ser aprovechado en el caso de las energías marinas.

Se plantea así una oportunidad estratégica para nuestra industria al poder integrar en el desarrollo del nuevo mercado de las energías marinas soluciones y experiencias alcanzados en otros sectores para conseguir el desarrollo comercial de las tecnologías. Del sector eólico los diseños de turbinas, los modelos de predicción,

la logística. Pero también ofrecen oportunidades en otras disciplinas y sectores industriales para la solución de los problemas de la integración en la red, la construcción de las instalaciones en alta mar, los anclajes y cimentación de los emplazamientos, experiencias en plataformas que funcionan en condiciones similares en ambiente marino, fatiga de materiales,.. etc. Los obstáculos además de los tecnológicos citados, se relacionan con lograr nuevas soluciones para evaluar los impactos, minimizar anticipadamente el uso de zonas marinas, la sostenibilidad, la repercusión en el paisaje y la necesidad de regulación y legislación para poder planificar adecuadamente las instalaciones y sus emplazamientos.

Es preciso financiar adecuadamente proyectos con fines de demostración fomentando la cooperación y transferencia de conocimientos y tecnologías entre el sector de la investigación y la industria. Se están desarrollando diversas iniciativas públicas y privadas para explotar los recursos energéticos marino. En el mar Cantábrico se han construido en Santoña un sistema de nueve boyas para aprovechar el movimiento pendular de las olas para generar 40 kW que se transporta a tierra firme por un cable submarino. En Motrico se ensaya una instalación en la que el agua de mar se introduce en una columna hueca situada en un dique accionando una turbina que genera la electricidad. La instalación dispone de 16 turbinas de 30 kW, con un total de 480 kW de capacidad que producirá, 960 MWh anuales. También en Galicia se ha construido una planta basada en una serie de barreras flotantes formadas por un conjunto de módulos articulados anclados en el fondo marino y cuya oscilación permite bombear aceite a través de un motor hidráulico

que acciona los generadores. La plataforma Biscay Marine Energy Platform, BIMEP⁽⁵⁴⁾, es un proyecto de investigación financiado por el Ente Vasco de la Energía para proporcionar a la industria instalaciones donde poder ensayar y validar soluciones que aceleran el desarrollo tecnológico para extraer la energía del oleaje. Ocupa una zona marítima a 1700 metros de la costa en Armintza, Vizcaya, con 20 MW de capacidad de generación y actualmente, se han realizado los tendidos necesarios para las comunicaciones y el suministro de energía entre la plataforma y tierra. El proyecto CENIT-E OCEAN LÍDER⁽⁵⁵⁾, Líderes en Energías Renovables Oceánicas tiene como objetivo generar los conocimientos necesarios para desarrollar tecnologías que permitan el aprovechamiento de las energías marinas y explotar su potencial. El consorcio del proyecto está formado por 20 empresas y 25 organismos de investigación.

Las capacidades científicas y tecnológicas existentes nos sitúan en una posición competitiva para el desarrollo de las energías marinas. Esta oportunidad estratégica se ve reforzada por los

conocimientos, las experiencias y capacidades de otros sectores, como el eólico cuyo desarrollo podría ser un ejemplo a seguir. Se recomienda la creación de proyectos de cooperación que permitan ensayar prototipos en condiciones reales para obtener los datos de operación y comportamiento necesarios para pasar de los ensayos y validación de componentes a prototipos de demostración y sistemas reales.

Los costes son el principal obstáculo para el sector lo que requiere un esfuerzo en I+D+i para conseguir soluciones viables tecnológica y económicamente. La creación de un marco tarifario con un régimen especial las energías marinas reflejando el desarrollo actual de las distintas tecnologías permitiría atraer inversiones en proyectos piloto de cooperación ciencia – industria que, como se ha indicado serían la base necesaria para crear una posición competitiva en este sector. Se recomienda la modificación del actual marco regulatorio para agilizar el proceso de tramitación de las instalaciones marinas en el que intervienen varias administraciones, alargando los plazos de respuesta innecesariamente.

⁽⁵⁴⁾http://www.eve.es/energia_marina/index_ing.htm

⁽⁵⁵⁾<http://www.oceanlider.com/>

6. Conclusiones

“Gentlemen, we have run out of money. It’s time to start thinking”

Ernest Rutherford, (1871 – 1937)

El desarrollo sostenible y la amenaza del cambio climático requieren diseñar un nuevo sistema energético basado en tecnologías de generación bajas en carbono y disminuir la intensidad energética actuando sobre la demanda mediante la eficiencia y el ahorro de energía. Para conseguirlo la estrategia Europa 2020 busca generar nuevos conocimientos científicos y trasladar soluciones tecnológicas al mercado como instrumento para la innovación para poder afrontar los retos sociales y reforzar la competitividad de las empresas. EL SET Plan identifica las tecnologías prioritarias y cuáles son las actuaciones para acelerar su despliegue comercial a corto plazo. Para ello la industria, a través de las European Industrial Initiatives, EII, y comunidad científica a través de la European Energy Research Alliance, EERA, trabajan conjuntamente para conseguir estos objetivos y afianzar el liderazgo de la UE en el sector de tecnologías limpias. Los primeros trabajos para el diseño de CSFRI, Community Strategy Framework for Research and Innovation, como se empieza a denominar el 8 Programa Marco, inciden en medidas para reforzar la competitividad de la industria europea utilizando la base científica y los conocimientos necesarios para conseguirlo.

Las energías renovables serán un elemento fundamental dentro de estas iniciativas comunitarias ya que, como indica el informe⁽⁵⁶⁾ publicado en mayo de 2011 por el IPCC, tienen capacidad para suministrar el 80% de la demanda energética mundial

en 2050 reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo a evitar una subida de la temperatura por encima de los 2°C.

En nuestro caso la transición a una economía baja en emisiones de CO₂ requiere realizar un importante esfuerzo por parte del Gobierno implementando y reforzando planes de eficiencia y ahorro energético que permitan conseguir la reducción de las emisiones actuales, mantener los apoyos a la promoción de las energías renovables y un decidido impulso a la innovación en tecnologías energéticas. Definir una política energética nacional sería una medida estratégica para dar estabilidad al sector a medio y largo plazo, afianzando nuestra capacidad de innovación y la competitividad de nuestras empresas en el ámbito internacional. Se considera necesario definir líneas de I+D+i en energía relacionadas con los planes europeos y coordinar las distintas actuaciones que se realizan por parte de las distintas Administraciones para conseguir la mayor eficiencia en las inversiones y resultados. La creación de la Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas, ALINNE, debe ser el instrumento para dar respuesta a los retos actuales del sector energético, contribuyendo a la definición de una estrategia nacional y fijando una posición común para la ciencia e innovación energética.

La reciente decisión de una compañía española del sector eólico, el segundo fabricante europeo de aerogeneradores y uno de los líderes mundiales del sector, de montar un centro de I+D en Singapur para buscar nuevos materiales para las palas de las turbinas es un síntoma preocupante de la falta de decisiones sobre nuevos programas de investigación

⁽⁵⁶⁾Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, SRREN: <http://srren.ipcc-wg3.de/>

en nuestro país. Esta situación contrasta con retorno económico conseguido por la participación de la ciencia y la industria española en los Programas Marco. En el este retorno fue del 72%, 59 2 M €, frente a una media del 7,2 en la UE de los 27. Dentro del VII PM, entre 2007 y 2010 el retorno fue de 104 M€, el 12,4% lo que nos sitúa en el segundo lugar por detrás de Alemania. El retorno en las convocatorias generales de energía en los años 2008, 2009 y 2010 está entre el 11-18%. Siendo las actividades con los mejores resultados de retorno las redes eléctricas inteligentes, 20,3%, la producción de electricidad de origen renovable, 14,1% los biocombustibles con el 12% porcentajes respecto al conjunto de los 27 países de la UE.

La prospectiva analiza el presente para diseñar el futuro, dibuja la imagen de lo que puede acontecer en base a la situación actual para poder lograr los objetivos deseados. Los resultados de este estudio de prospectiva señalan los temas que los expertos del sector consideran más atractivos en función de las capacidades existentes y el impacto que su desarrollo va a tener a medio y largo plazo, generando información para contribuir a definir las actuaciones que nos permitan conseguir ventajas competitivas en el sector de las energías renovables.



7. Bibliografía

APPA (2010): "Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España

Asociación de Productores de Energías Renovables, APPA. Deloitte. 2010

http://www.appa.es/descargas/InformeAppa_web.pdf

Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source

IEA Bioenergy, 2009. <http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479>

Conceptos de Ahorro y Eficiencia Energética: Evolución y Oportunidades

Grupo de Trabajo de Ahorro y Eficiencia Energética de ENERCLUB. Club Español de la Energía. Marzo 2010

Documento de Visión a 2030

Plataforma tecnológica Española de la Biomasa. Bioplat, 2009.

EPIA (2010): Market Outlook 2010

http://www.epia.org/index.php?elD=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/Market_Outlook_2010_public.pdf&t=1304495125&hash=3f88d38a5e0f705bda2c21dcb8cde6a7

Ernest Young (2011)

Renewable energy country attractiveness indices

http://www.ey.com/GL/en/Industries/Oil---Gas/Oil_Gas_Renewable_Energy_Attractiveness-Indices

Financing Renewable Energy in the European Energy Market

http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2011_financing_renewable.pdf

GWEC 2010

Global Wind Statistics 2010

Global Wind Energy Council, Brussels 2011

IEO (2010) The International Energy Outlook 2010

U.S. Energy Information Administration (EIA), Report DOE/EIA-0484(2010)

<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>

Implementing Plan 2010 – 2012

Solar Electricity European Industrial initiative. Brussels, may 2010.

Jacobson, M.Z, Delucchi, M.A (2011): Providing all global energy with wind, water and solar power

Part I: Energy Policy, doi:10.1016/j.enpol.2010.11.040

Part II: Energy Policy, doi:10.1016/j.enpol.2010.11.045



Pacala S. and Socolow R.: Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. Science 13 August 2004: Vol. 305 no. 5686 pp. 968-972

<http://www.sciencemag.org/content/305/5686/968.full>

Renewable Energy: Progressing towards the 2020 target. COM (2011) 31

http://ec.europa.eu/energy/renewables/reports/doc/com_2011_0031_en.pdf

Vision a 2030

Geoplat. Plataforma Tecnológica Española de Geoenergía.

http://www.geoplat.org/setup/upload/modules_docs/content_cont_URI_701.pdf

WEO (2010)

World Energy Outlook 2010

International Energy Agency OCDE/IEA Paris 2010



Apéndice 1

APÉNDICE 1			
Mónica	Aguado Alonso	Directora de Integración en Red de Energías Renovables	Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
Gobieta	Alonso Franco		ABENGOA SOLAR
Mercedes	Ballesteros Perdices	Unidad de Biomasa Dpto. Energía	CIEMAT
Julio	Cárabe	Unidad De Energía Solar Fotovoltaica	CIEMAT
Ignacio	Cruz Cruz	Unidad de Energía Eólica	CIEMAT
Margarita	De Gregorio	Directora de Energías Termoeléctricas	APPA
Francisco Javier	Domínguez Bravo	División De Energías Renovables	CIEMAT
Fernando	Fabero	Unidad De Energía Solar Fotovoltaica	CIEMAT
Jon	Ganusa	Subdirector de Estrategia de Negocios y Mercados	Gas Natural Fenosa
Michael	Geyer	Internacional Business Director	ABENGOA SOLAR
Cristina	Gómez Simón	Departamento I+D+i	Red Eléctrica de España
Mª Rosario	Heras Celemin	Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación	CIEMAT
Ana Rosa	Lagunas Alonso	Directora de Energía Solar Fotovoltaica	Centro Nacional de Energías Renovables
Silvia	López		IDAE
Carlos	López López	Jefe Dpto Planificación y Estudios	IDAE
Emma	Núñez		ABENGOA SOLAR
Emiliano	Perezagua Gil	Vicepresidente	Plataforma Tecnológica Europea de Energía Solar Fotovoltaica
Pablo	Ruiz Minguela	Responsable de Energía de las Olas. Unidad de Energía	TECNALIA
Fernando	Sánchez Sudón	Director Técnico	Centro Nacional de Energías Renovables
Ángeles	Santamaría Martín	Directora de Mercados y Prospectiva	Iberdrola Renovables
Enrique	Soria Lascorz	División de Energías Renovables	CIEMAT
Felix	Tellez	Unidad de Sistemas de Concentración Solar	CIEMAT
Eduardo	Zarza	Unidad De Sistemas De Concentración Solar	CIEMAT

Apéndice II cuestionario

GENERAL	Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos			Posición			Factores críticos						
		Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico	Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial	Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración
1	La contribución de las energías renovables al consumo de energía final en España supone un 20% cumpliéndose los objetivos de la UE.	162	1	20	100	41	34	83	36	5	1	101	31	13	12	6	57	90	15	44	64	34
2	El precio del barril de petróleo sube un 50% sobre los precios actuales (el precio durante el 2009 varió entre 42\$ en junio y 74\$ en diciembre).	131	4	71	45	10	77	35	6	1	1	36	47	3	35	6	27	73	6	98	4	5
3	La aplicación de nuevas tecnologías con mejor eficiencia energética rebaja la emisión global de contaminantes gaseosos y CO ₂ en un 30%.	114	0	32	62	20	10	40	41	23	0	12	24	13	61	14	49	40	22	33	27	25
4	Aprobación de acuerdos con medidas "de obligado cumplimiento" para la reducción de emisiones posteriores a la cumbre de Copenhague	93	6	44	34	6	35	34	9	6	1	25	28	2	28	3	20	52	3	15	46	17
5	La red de distribución y transporte integra el 35% de la electricidad procedente de fuentes renovables gestionando suministro y demanda.	84	2	25	38	18	27	33	16	5	0	61	13	4	1	0	46	30	4	38	23	11

Apéndice II cuestionario

REDES Y GESTIÓN DE ENERGÍA	Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos				Posición			Factores críticos					
		Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración		
6	Desarrollo de tecnologías que promuevan y faciliten el desarrollo de corredores energéticos y las interconexiones con otros países.	77	3	39	26	7	7	35	27	6	0	60	13	1	1	2	42	25	5	27	16	24
7	Utilización generalizada de tecnologías que permitan el desarrollo de refuerzos internos de red.	66	11	29	18	5	7	29	15	5	1	39	6	7	3	5	27	21	9	28	10	8
8	Desarrollo de tecnologías para conseguir el desarrollo de microrredes y Centrales Eléctricas Virtuales, (Virtual Power Plants), (instalaciones de generación distribuidas gestionadas colectivamente por un único centro de control).	67	13	24	24	6	4	21	21	9	0	33	4	13	6	8	29	13	14	18	16	5
9	Desarrollo del concepto de Smart Grids (utilización de tecnologías digitales para el suministro de electricidad permitiendo la interacción con las aplicaciones de los consumidores), para gestionar la demanda, integrar la generación renovable, procesos de recarga (rápida, lenta, punta, valle...).	70	9	29	18	12	3	30	21	7	0	32	12	7	9	3	33	20	11	26	18	5
10	Utilización generalizada de sistemas de almacenamiento convencionales (sistemas electroquímicos).	72	5	32	29	5	12	13	24	11	4	21	16	21	4	12	24	24	17	35	4	4
11	Desarrollo del proyecto DESERTEC en países del norte de África para exportar electricidad a Europa mediante redes de transmisión capaces de gestionar la electricidad a grandes distancias.	66	8	26	26	6	1	15	17	20	3	34	10	6	4	3	25	24	4	28	4	17
12	Desarrollo del Plan Solar Mediterráneo: su objetivo es el desarrollo de 20 GW de capacidad eléctrica renovable en los países del sur del Mediterráneo así como de las infraestructuras necesarias para la interconexión eléctrica con Europa.	67	6	28	26	6	0	26	20	14	0	34	18	4	4	0	23	30	0	36	6	17
13	Desarrollo de sistemas innovadores que permitan gestionar y complementar las energías renovables y otros recursos energéticos.	69	0	25	33	9	7	33	23	6	0	34	13	14	7	12	30	24	29	14	15	10
14	Desarrollo de tecnologías, sensores y dispositivos que permitan reducir los costes de inversión y operación de las redes de transporte y distribución.	60	8	28	18	5	7	25	14	4	0	22	18	6	2	7	21	19	14	21	5	7
15	Desarrollo de tecnologías para el control activo de la demanda.	60	11	24	18	6	4	34	9	4	0	31	5	5	9	4	25	20	13	19	12	6

EÓLICA		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos			Posición			Factores críticos					
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración	
16	La energía eólica permite cubrir el 30% de la demanda eléctrica.	69	0	14	33	21	21	23	16	6	3	42	16	1	7	2	15	45	5	21	24	14
17	Se alcanzan costes de fabricación inferiores a 200 EUROS / m ² (costes actuales 300 EUROS m ²).	53	9	22	19	2	8	23	7	1	4	4	27	8	1	1	17	21	12	25	2	1
18	Utilización generalizada de aerogeneradores cuya potencia sea del orden de 5 MW.	62	3	18	25	15	12	30	10	2	4	22	26	7	2	2	22	30	4	40	7	7
19	Utilización generalizada de aerogeneradores con diseños innovadores incorporando nuevos materiales y tecnologías.	60	2	21	29	6	9	29	15	5	0	6	21	29	1	7	33	16	25	25	3	3
20	Utilización generalizada de Parques Eólicos con sistemas de acumulación avanzados conectados a red.	59	3	18	26	10	4	19	25	6	2	26	9	16	1	10	26	17	18	28	6	1
21	Utilización generalizada de la eólica marina, plantas "off-shore".	61	0	13	26	21	2	26	22	11	0	20	17	19	5	2	32	25	7	38	9	6
22	Desarrollo de la energía eólica marina flotante mediante conceptos innovadores: plataformas, estructuras y sistemas de anclaje.	62	1	16	24	18	2	26	22	10	0	9	15	30	3	10	31	17	21	30	2	4
23	Desarrollo de aplicaciones mini-eólicas.	58	4	20	23	10	18	27	5	2	0	8	21	3	18	1	13	35	1	15	17	16
24	Utilización generalizada de aerogeneradores aislados multipropiedad conectados a red.	51	5	17	19	10	4	18	12	4	7	13	17	2	10	0	10	31	0	13	21	7
25	Utilización generalizada de sistemas híbridos para aplicaciones aisladas.	54	3	24	19	8	6	23	14	5	2	10	11	10	18	1	22	24	5	22	7	13
26	Desarrollo de herramientas, modelos de simulación y métodos de predicción para la producción de energía.	56	3	20	21	11	30	16	4	2	1	20	6	24	1	22	16	12	37	6	2	5

FOTOVOLTAICA	Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos				Posición			Factores críticos					
		Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración		
27	La energía fotovoltaica permite cubrir el 15% de la demanda eléctrica en 2020.	52	1	16	27	7	1	11	19	13	6	22	13	8	3	2	15	30	2	28	13	4
28	Desaparición de la tarifa fotovoltaica y establecimiento generalizado del "NET Metering" (medidas para incentivar su uso compensando económicamente a los que generan su propia energía.), que la energía generada se pueda compensar con la consumida aunque los tiempos de generación y consumo sean distintos, como sistema de desarrollo de esta energía.	54	7	22	20	4	6	22	9	8	2	16	11	2	16	1	9	33	0	14	24	5
29	Desaparición de la tarifa fotovoltaica y utilización de esta fuente de energía en base a su viabilidad tecnológica y económica dentro de un marco político y regulatorio estable.	53	4	16	23	7	9	13	15	10	3	17	19	3	5	1	13	28	2	20	19	3
30	Desarrollo de tecnologías que consiguen reducir a menos de seis meses el tiempo necesario para que un sistema fotovoltaico devuelva la energía utilizada en su fabricación.	49	8	19	18	4	5	14	11	10	1	4	14	20	2	9	20	12	26	12	2	1
31	Desarrollo de módulos fotovoltaicos de lámina delgada con eficiencias superiores al 15%	47	9	16	18	2	5	21	8	4	0	1	12	22	1	11	20	5	31	4	1	0
32	Desarrollo de módulos cristalinos con eficiencias superiores al 22%.	45	8	18	15	3	6	15	11	3	1	2	13	18	2	15	14	5	24	9	2	0
33	Utilización generalizada del uso de la electricidad fotovoltaica en sistemas descentralizados en medios rurales en países en desarrollo.	49	4	17	23	5	10	18	10	9	0	5	5	2	33	0	7	36	1	23	5	14
34	Utilización generalizada de sistemas de concentración fotovoltaica.	49	5	23	16	4	6	17	15	6	1	16	14	12	1	0	22	19	5	30	3	4
35	Desarrollo de soluciones innovadoras para la integración en red como inversores y dispositivos de almacenamiento.	48	8	18	15	6	7	15	14	4	1	15	9	15	1	5	23	9	14	13	10	0
36	Desarrollo de tecnologías de fotosíntesis artificial con conversión solar superior al 3%.	44	18	20	4	1	0	4	9	16	0	3	1	20	4	19	4	5	24	4	0	0
37	Desarrollo de nuevos materiales fotónicos y optimización de métodos de absorción de radiación solar para conseguir mejores eficiencias de conversión.	43	11	22	6	2	2	7	12	11	1	2	4	26	1	23	5	4	28	4	0	0
38	Generalización del uso de electricidad fotovoltaica en pequeños sistemas de decenas o centenas de kW conectados a la red.	44	4	16	20	4	8	15	10	5	3	22	10	0	7	1	9	28	0	14	20	4

SOLAR TERMOELÉCTRICA		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos				Posición			Factores críticos				
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración	
39	La energía solar termoeléctrica permite cubrir el 4% de la demanda de electricidad.	52	4	15	21	9	5	27	13	2	1	18	20	5	2	2	11	30	3	18	14	8
40	Aumentar la eficiencia de conversión solar - electricidad en un 20% (actualmente es del 15%).	50	4	22	17	5	6	23	15	2	0	10	9	25	0	10	22	9	28	12	4	0
41	Reducir los costes de instalaciones y equipos en un 20% respecto a los valores de 2009.	47	4	16	18	6	10	24	8	0	1	2	31	6	0	1	11	26	3	31	3	2
42	Utilización generalizada de centrales solares tipo torre.	46	5	13	21	6	3	12	13	7	6	11	13	14	2	4	16	19	6	27	3	3
43	Utilización generalizada de centrales solares de colectores cilíndrico parabólicos.	46	5	12	20	6	11	17	7	5	1	15	14	8	2	4	12	21	3	23	7	4
44	Utilización generalizada de centrales solares de colectores solares tipo Fresnel.	44	9	14	15	5	2	12	13	5	4	7	8	17	0	1	20	10	8	21	3	0
45	Utilización generalizada de centrales solares mediante discos Stirling.	44	9	13	15	5	2	10	12	5	6	5	13	15	1	2	19	12	7	20	4	3
46	Desarrollo de tecnologías que permitan mejorar la hibridación de sistemas en un 20%.	43	10	11	14	6	6	9	14	5	1	8	10	14	2	6	16	10	10	14	7	2
47	Desarrollo de tecnologías que permitan elevar la temperatura de operación a los 500 °C utilizando colectores cilíndrico-parabólicos.	44	9	13	14	6	8	15	8	5	0	5	12	18	0	5	23	5	16	12	2	2
48	Desarrollo de tecnologías de almacenamiento para sistemas de vapor directo.	43	10	15	12	4	6	11	15	3	1	7	7	18	0	7	16	7	12	18	1	0
49	Desarrollo de sistemas de almacenamiento térmico para plantas solares termoeléctricas con costes de inversión inferiores a 20 /kWh.	39	9	14	12	3	5	10	7	4	2	5	11	11	0	4	13	9	8	18	1	0
50	Desarrollo de otras aplicaciones: desalación, calor para procesos industriales, refrigeración y procesos químicos de alta temperatura y fabricación de hidrógeno.	44	9	14	15	4	4	8	18	5	0	3	15	13	1	6	17	9	7	20	3	2
51	Utilización de nuevos ciclos térmicos y sistemas de refrigeración que permitan reducir el consumo de agua sin pérdida de eficiencia.	38	10	16	8	3	1	11	13	2	2	1	11	13	3	5	14	6	11	13	2	0
52	Desarrollo de diseños y sistemas innovadores que permitan reducir la ocupación del suelo por MW instalado.	39	6	19	9	3	2	13	8	10	1	4	9	12	5	7	17	5	17	13	1	0

BIOMASA. ELECTRICIDAD. CALOR		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos			Posición			Factores críticos					
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración	
53	Alcanzar el 14% de bioenergía en el mix energético a costes competitivos consiguiéndose reducciones del 60% en las emisiones.	39	7	14	15	2	0	5	16	9	3	7	10	5	10	7	8	15	8	9	6	8
54	Desarrollo de la cadena de tecnológica para el abastecimiento de biomasa (Logística).	34	6	13	14	1	7	12	8	2	0	0	20	2	7	1	7	20	2	14	4	8
55	Utilización generalizada de instalaciones de cogeneración para producción de energía de alta eficiencia con biomasa/ carbón como combustible primario.	36	6	12	17	1	3	9	8	4	3	4	15	6	3	2	12	11	2	14	7	3
56	Utilización práctica de cultivos energéticos en combinación con residuos agroforestales para producción de calor y electricidad.	35	7	10	15	3	12	7	7	3	0	5	14	5	4	3	6	17	3	11	5	7
57	Utilización generalizada de tecnologías para la producción de biogás a partir de residuos de cualquier tipo.	35	6	10	19	0	8	11	7	2	1	2	16	7	3	2	12	13	5	12	3	6
58	Desarrollo de tecnologías biotecnológicas de bajo coste para la producción de biomasa y su transformación energética.	34	9	13	9	2	2	6	15	3	0	2	5	15	3	9	9	5	15	6	2	1
59	Desarrollo de tecnologías de conversión termoquímica y limpieza de gases (combustión, gasificación y pirolisis) para cultivos agroenergéticos, residuos orgánicos y lodos de depuradora.	34	11	10	10	2	2	11	8	4	0	3	3	16	2	7	8	9	14	7	3	1
60	Desarrollo del concepto de biorefinería para el aprovechamiento integral de la biomasa como fuente de energía y de productos de alto valor añadido.	33	8	12	12	0	2	13	7	5	0	3	7	15	1	8	7	10	14	5	3	3
61	Utilización generalizada de la producción de electricidad mediante combustión de residuos sólidos urbanos (R.S.U).	34	4	13	16	1	4	15	5	4	2	9	7	3	9	2	9	14	2	5	10	8

BIOCARBURANTES		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos				Posición			Factores críticos				
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración	
62	Alcanzar una reducción del 60% en las emisiones mediante biocarburantes y biolíquidos con gestión sostenibles de los recursos.	33	7	12	12	1	1	3	10	10	2	4	5	7	7	7	8	7	9	5	4	3
63	Reducción de los costes de producción a menos de 0,6 litro gasolina equivalente, en combustibles de segunda generación.	32	10	14	6	0	0	7	9	4	2	1	8	3	7	2	10	6	6	8	3	1
64	Utilización de biomasa lignocelulósica para la producción de biocarburantes, etanol o sus derivados.	32	11	11	9	0	4	9	5	4	0	5	8	7	1	3	10	7	9	8	1	3
65	Utilización generalizada de etanol hidratado (modelo brasileño) como combustible de automoción.	30	6	18	6	0	1	5	5	5	8	4	7	2	7	0	3	17	0	10	3	7
66	Utilización directa del etanol anhidro como aditivo a las gasolinas.	28	13	12	3	0	4	5	5	1	1	0	8	1	6	1	5	8	1	5	4	5
67	Utilización generalizada del biodiesel a partir de cultivos tradicionales (colza, girasol, soja etc...).	33	6	14	12	0	6	5	5	5	6	1	12	4	8	1	2	20	1	10	5	7
68	Desarrollo del concepto de biorefinería para el aprovechamiento integral de la biomasa como fuente de energía, combustibles y productos de alto valor añadido.	30	7	15	6	1	0	10	7	4	1	2	9	8	3	2	11	7	5	11	2	3
69	Demostración de la viabilidad de las tecnologías de segunda generación a escala comercial.	30	9	12	7	0	2	7	8	4	0	2	13	5	1	3	6	11	4	9	1	6
70	Desarrollo de plantas de demostración.	31	10	13	7	0	9	9	1	1	1	1	7	10	2	1	9	9	4	7	1	8

INTEGRACIÓN DE RENOVABLES EN LA EDIFICACIÓN		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos			Posición			Factores críticos					
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración		
71	Utilización generalizada de tecnologías para la Integración de turbinas minieólicas en la edificación (tejados, laterales, fachadas, tubos interiores). Nuevos diseños para entornos urbanos.	37	4	17	12	4	9	8	8	4	5	8	15	2	8	0	9	21	0	11	11	10
72	Utilización generalizada de sistemas de acoplamiento y control de instalaciones bioclimáticas y sistemas solares pasivos para el acondicionamiento térmico de los edificios.	36	5	18	11	1	9	10	10	2	0	4	6	1	19	4	9	16	1	16	6	6
73	Desarrollo de edificios para demostración y análisis de sus parámetros de funcionamiento.	39	6	18	13	1	19	11	3	0	0	1	6	12	14	4	16	12	4	12	4	12
74	Utilización practica de edificios solares pasivos como un nuevo tipo de explotación eficaz de las energías renovables.	40	9	19	8	2	9	17	5	1	0	2	6	4	19	5	11	14	4	17	3	6
75	Utilización generalizada de técnicas solares activas, frío solar.	35	7	18	8	1	2	13	9	4	1	1	13	8	7	3	13	12	3	18	2	5
76	Desarrollo de procedimientos para operación y mantenimiento de instalaciones basadas en energías renovables integradas en los edificios.	37	4	16	15	1	14	14	4	1	0	1	17	8	7	1	12	19	4	11	11	6
77	Utilización generalizada de tecnologías para la integración de sistemas fotovoltaicos con sistemas de almacenamiento en los edificios.	32	3	15	11	2	3	13	10	3	0	4	15	4	5	1	13	13	0	14	9	4
78	Utilización generalizada de tecnologías de construcción, equipos y sistemas para el ahorro energético en los edificios ya construidos optimizando el uso de los recursos renovables locales y las condiciones del entorno.	36	5	18	9	2	9	11	6	4	0	2	18	1	10	0	10	19	0	13	7	10
79	Utilización generalizada de sistemas de micro- y tri- generación basados en energías renovables.	35	6	16	11	1	6	8	13	3	0	10	8	8	4	1	17	10	4	14	7	4
80	Utilización generalizada de sistemas de climatización de distrito (District Heating & Cooling) integrados en la edificación y en el urbanismo de los municipios/ciudades.	36	4	16	9	6	2	10	12	5	3	12	4	4	11	1	11	17	1	9	8	13
81	Desarrollo de sistemas de certificación de equipos y de ciclos formativos para cualificar a los instaladores.	34	8	11	10	4	16	8	2	0	0	0	14	7	5	1	5	19	1	3	17	5
82	Desarrollo de sistemas que permitan integrar la energía geotérmica de baja entalpía en la edificación.	37	7	15	8	5	9	9	9	3	1	2	12	8	9	4	8	16	5	14	6	5

GEOTÉRMICA	Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos			Posición			Factores críticos						
		Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas	Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración		
83	La geotermia de baja temperatura, < 30°C, alcanza una potencia instalada de 1.000 MW térmicos en 2020 lo que supone un crecimiento del 50% en los próximos años.	38	11	12	7	6	1	13	10	3	1	7	12	4	5	2	14	11	1	12	4	10
84	La energía geotérmica de media y alta temperatura supone una potencia eléctrica instalada de 1.000 MW eléctricos y 300 MW térmicos en 2020.	36	12	11	6	6	1	8	10	5	1	9	8	8	0	4	14	6	4	14	2	4
85	Desarrollo de nuevas técnicas de investigación geológica para exploración y evaluación de los recursos geotérmicos.	35	12	10	10	2	8	9	6	1	0	0	3	21	0	8	11	4	9	10	0	4
86	Utilización generalizada de bombas de calor por los avances tecnológicos alcanzados en la reducción de los costes de fabricación e instalación.	34	8	10	11	4	6	7	12	1	1	0	18	4	5	1	6	19	3	16	4	3
87	Desarrollo de tecnologías y sistemas para reducir los costes de los diseños actuales de los circuitos de intercambio de calor.	34	10	10	9	4	9	13	2	0	0	0	15	8	1	2	11	9	8	10	1	4
88	Desarrollo de técnicas de prospección que permitan minimizar los riesgos geológicos.	33	13	8	10	2	9	6	6	0	1	0	5	16	0	5	12	4	9	10	0	2
89	Desarrollo de proyectos de demostración.	35	12	7	15	1	14	10	0	0	0	1	10	12	1	2	11	10	1	7	1	14

ENERGÍAS		Número experto	Nivel de conocimiento				Horizonte temporal				Impactos				Posición			Factores críticos				
			Ninguno	Bajo-Medio	Medio-Alto	Alto	Antes 2015	2016-2020	2021-2025	Más del 2025	Nunca	Sistema Energético	Industria y Mercado	Desarrollo científico-tecnológico Social y calidad de vida	Capacidades científicas	Capacidades tecnológicas Industrial Innovación	Conocimientos científico-técnicos	Costes económicos	Legislación	Apoyo de la administración		
90	La potencia marina instalada en Europa alcanza 15 GW en 2030.	40	5	9	14	11	0	3	10	23	0	13	11	10	2	8	19	8	8	18	2	7
91	Desarrollo de tecnologías competitivas para la conversión de la energía del oleaje en electricidad.	42	2	15	14	11	5	17	10	8	0	3	17	19	1	9	21	9	13	21	2	3
92	Desarrollo de tecnologías para utilizar las mareas y corrientes marinas como fuente de energía competitiva.	40	2	13	12	13	4	12	11	11	0	5	12	18	2	4	26	6	9	19	2	6
93	Desarrollo de dispositivos como membranas osmóticas semi-permeables para generar energía utilizando el gradiente salino del océano.	37	8	12	12	5	0	3	9	17	0	0	8	19	2	16	6	6	16	12	0	1
94	Desarrollo de nuevos sistemas de conversión de energía y conexión a red para operar en el medio marino que permitan acelerar la competitividad económica.	38	2	12	12	12	3	11	10	11	1	9	11	12	2	5	20	9	9	21	0	4
95	Desarrollo de las infraestructuras y las capacidades necesarias para impulsar las energías marinas.	41	1	13	13	14	13	17	5	5	0	9	13	15	2	4	13	21	4	9	5	20

