

las guías de

15  
AÑOS

20

minutos

Guía  
del viento

Con el patrocinio de



Y la colaboración de







GTRES

## Una energía barata, limpia y... sin ayudas

Desde muy temprano en la historia de la humanidad, el hombre se percató de la influencia que los elementos (el sol, el agua, el aire...) tenían en su desarrollo y evolución. Primero intuitivamente y más tarde con plena conciencia, descubrió sus posibilidades como fuentes de energía y se decidió a explotarlas con ingenio y dedicación.

El viento –el dios Eolo de los griegos, «el aire en movimiento» de los niños– fue, durante milenios, la primera fuerza motriz e industrial del hombre. Luego fue perdiendo su favor hasta ser considerada una energía prácticamente residual, anticuada.

Hoy, sin embargo, el viento ha recuperado buena parte del protagonismo energético que tuvo en el pasado. La conciencia social –que se preocupa no solo por el coste y la cantidad de la energía que se produce, sino

4

**ENTREVISTA**  
Luis Polo Gómez,  
director de la AEE

10

**VIENTOS DE ESPAÑA**  
Somos un país de corrientes...

18

**HACIA AFUERA**  
Molinos españoles, energía exterior

20

**DISTRIBUCIÓN**  
¿Cómo funciona un aerogenerador?

30

**DEBATE**  
Del apoyo a la paralización de la industria eólica

también por su calidad– ha devuelto al viento su lugar, incluso reforzándolo en algunos aspectos.

El viento es una energía limpia, barata, inagotable, sencilla de producir, fácilmente acumulable... Dadas estas características, y a pesar de su enorme potencial de crecimiento y aceptación –en 2010 España se convirtió en un país líder en energía eólica–, entre 2012 y 2014 se

ha eliminado prácticamente la financiación a las energías renovables, incluido el sector eólico. El modelo español para este tipo de energías tardó más de 30 años en elaborarse y en apenas tres –la última legislatura– ha sido eliminado. ¿Se podrá recuperar ese liderazgo del que se disfrutaba hace solo diez años?

Director Arsenio Escolar

Vicedirectora Virginia Pérez Alonso

Las guías son publicaciones elaboradas por el departamento de Publicaciones no Diarias de 20 minutos

Dirección Josan Contreras

Diseño David Velasco

Maquetación: Marta de los Dolores

Coordinación Pilar Sanz y Ángel Petricca

Redacción Claudia Rizzo

Textos Francisco Rocco

Corrección Sonia Gómez

EDITA GRUPO 20 MINUTOS, S. L.

Presidente Bernt Olufsen

Vicepresidente Stein Yndestad

CEO Juan Balcázar

Publicidad Hortensia Fuentes (directora general)

Operaciones Héctor María Benito

Producción y Logística Francisco F. Perea

Marketing Alfonso Pérez

TI Juanjo Alonso

Administración Luis Oñate

Imprime Rotocayfo

20 minutos, Condesa de Venadito, 1,

28027 Madrid. Teléfono: 902 20 00 20

Depósito Legal: M-7631-2013

FOTO PORTADA: Juan Manuel Maroto

Con el patrocinio de



Y la colaboración de



## Entrevista

Luis Polo Gómez, director general de la AEE

# «Con la reforma energética ha habido un parón»

Luis Polo Gómez es director general de la Asociación Empresarial Eólica (AEE). Ingeniero técnico industrial por la Politécnica de Madrid, MBA por el Instituto de Empresa y PDG por el IESE, dirige, desde hace dos años, la principal asociación empresarial del sector eólico de nuestro país.

### ¿En qué punto se encuentra el sector?

En 2013 la eólica fue la primera fuente de generación energética en España, con el 20,9% de cobertura, por delante incluso de la nuclear. En 2014 fuimos los segundos, con el 19,6%, pero en los primeros meses de 2015 hemos vuelto a estar en cabeza.

### ¿De qué forma ha influido la reforma energética iniciada en 2012?

Lamentablemente, 2014 ha marcado un cambio: el año pasado se instalaron 27,4 MW, un récord negativo para un país con una potencia instalada de 22.959 MW. Con la reforma energética ha habido un parón. Además de que ahora apenas se instala potencia, tampoco se abren fábricas y algunas han cerrado. Las empresas del sector o se marchan o tienen que optimizar sus centros productivos para seguir quedándose en España. Si en 2008 había más de 41.000 personas trabajando en el sector, en 2014 había unas 20.000.

### ¿Qué posición ocupa España en materia de energía eólica en el mundo?

En el mundo somos la cuarta potencia por capacidad instalada y por producción. Somos el tercer exportador del mundo en aerogeneradores y el quinto en patentes de eólica. En 2014 exportamos más eólica que vino y calzado.

### ¿Por qué debería potenciarse la energía eólica?

Porque sin la eólica no vamos a cumplir los objetivos 20/20/20 que fijó la Unión Europea.



«En el mundo somos la cuarta potencia por capacidad instalada y producción»

«El Gobierno tiene que establecer una planificación energética a largo plazo»

[entre ellos, que el 20% de la energía consumida proceda de fuentes renovables y que se reduzca en un 20% las emisiones de CO<sub>2</sub>]. Estos objetivos son vinculantes, y si no se cumplen, habrá sanciones. Otra razón es que la energía eólica abarata el precio de la electricidad. Nadie duda de eso: cuando sopla el viento, la energía es más barata. La industria también es una buena razón. De todas las tecnologías, la eólica es la única que ha creado un tejido industrial propio y permanente en el tiempo. Hay 1.077 parques eólicos en España en unos 800 municipios y 200 fábricas del sector en 12 Comunidades Autónomas. Esto implica que la energía eólica tiene un factor dinamizador de las comunidades rurales. Si nos mantene-mos como una potencia, crearemos más empleo y de calidad.

**El Gobierno convocó a finales de abril el primer concurso de energía renovable desde 2012, interrumpiendo así la moratoria que mantenía al sector paralizado. ¿A qué cree que se debe este cambio?**

Parece que el Gobierno ha comprendido los beneficios de apoyar la energía eólica y ha regresado al buen camino. Pero no se ha hablado con nosotros. Aunque la intención es buena, creemos que no se está haciendo de forma adecuada, pues no se ha tocado el modelo jurídico que destruyó el sector. No se puede pretender crear con un modelo que sirve para destruir.

**¿Qué cambios sugiere desde la AEE?**

Tiene que acabar la inseguridad jurídica. No puede ser que en proyectos de envergadura el Gobierno pueda revisarte las condiciones retributivas cada seis años. Se puede dar la paradoja de que una empresa ponga en marcha un parque y que las revisiones retributivas se pongan en marcha antes de que el parque haya generado un solo vatio. Así nadie se va a atrever a invertir, ni los inversores de aquí ni los de fuera. El Gobierno tiene que apoyar a esta industria y establecer una planificación energética a largo plazo. Tenemos que conocer las reglas del juego, sean las que sean. Tenemos que saber qué va a pasar con la energía nuclear, con los ciclos combinados, con el carbón. Que nos digan qué se va a hacer para saber a qué atenernos.

## El hombre y el viento

### Repaso histórico



El huracán Sandy, que se desató en EE UU a finales de octubre de 2012, derribó líneas eléctricas y maltrató carreteras y edificios, provocando la

# El viento y el ser humano

El estudio del viento ha servido para impulsar la navegación, la agricultura, la ciencia y la energía limpia, pero también la guerra

Es probable que la primera herramienta humana relacionada con el viento fuera la vela de un barco que se usó en los desplazamientos a través del Tigris y del Éufrates alrededor del 4.500 a. C. La navegación fluvial a vela se extendió en Mesopotamia, pero fue en Egipto donde se perfeccionó. El viento convirtió al Nilo y sus canales, construidos por el hombre en torno al 2000 a. C., en las autopistas de la época.

Unos siglos más adelante, los ríos ya no suponían ningún misterio para los griegos y los fenicios, y el siguiente reto pasaba por

hacerse a la mar. «A diferencia de la temperatura, la humedad relativa o la lluvia, el viento es de las primeras cosas que el hombre civilizado se empieza a interesar por cuantificar», explica José Miguel Viñas, físico del aire y meteorólogo: «Los viajes de estas culturas son a través del mar, y rápidamente descubren la importancia del viento para tardar menos en los desplazamientos y para enfrentarse a las tempestades».

**Un hito en la historia del estudio del viento fue la construcción de la Torre de los Vientos, en**



desolación en la zona.

GTRES

Atenas (siglo I a. C.). Levantada en mármol blanco, de unos 12 metros de altura y 8 de diámetro, fue el primer edificio con funciones de observatorio meteorológico. Tenía una forma octogonal, y en cada una de sus paredes estaba representado un dios griego del viento: una deidad por cada dirección. «Los griegos mezclaban meteorología con mitología. Pensaban que los dioses del viento estaban encerrados en las Islas Eolias o Eólicas [hoy cerca de Sicilia], y que de vez en cuando los dioses soltaban alguno, cada uno con sus propia naturaleza, buenos o malos», explica Viñas.

La Torre de los Vientos tenía en su cúspide una veleta, que, en combinación con la planta octogonal de la torre, servía para indicar la dirección del viento. Esta veleta rivaliza con la del Coloso de Rodas por ser la primera en la historia. Está casi confirmado que en lo alto

de la monumental estatua de bronce del dios Helios, a 32 metros del suelo, había una veleta; de ser así, esta, y no la de la Torre del Viento, sería la primera, pues la estatua fue construida en el siglo III a. C.

**Además de la navegación, la agricultura fue el otro gran motivo para estudiar el viento.** Durante la Edad Media se generalizaron las veletas, que llegaron a poblar muchas de las iglesias europeas, pues ya por entonces los agricultores asociaban ciertas características a los vientos, como su temperatura y velocidad, dependiendo de su procedencia. Aunque los primeros molinos de viento de eje vertical, los que hoy conocemos, se desarrollaron probablemente en el siglo VII en Persia, fue durante la Edad Media cuando se generalizaron. Y con ellos, un conocimiento no científico de la naturaleza de los vientos que todavía hoy perdura en el entorno rural.

El conocimiento del viento se hizo ciencia a partir del Renacimiento. Si ya se conocía su velocidad, a partir del siglo XV se conocería también su intensidad. Para ello se inventó el anemómetro, cuya primera versión consistía en un péndulo que era

empujado por el viento y, dependiendo de su inclinación, determinaba una intensidad mayor o menor. El artefacto, aunque impreciso, sirvió para cuantificar la velocidad del viento. El viento se convierte a partir de entonces en una variable meteorológica.

El XVIII fue el siglo del viento. Con la navegación intercontinental plenamente desarrollada, militares y mercantes se preguntaban cómo podían hacer que sus barcos llegaran antes. Los científicos comenzaron a estudiar los vientos que soplaban en el ecuador, los alisios, con el objetivo de identificar las corrientes de aire favorables y hacer que las rutas comerciales discurrieran por ellas. El astrónomo Edmund Halley, también conocido por haber descubierto uno de los cometas más famosos, fue el primero en crear una carta de navegación global con los vientos dominantes en las rutas principales. Esta carta impulsó el debate científico y, >>>

## El hombre y el viento

### Repaso histórico

>>> al final del siglo, se estableció lo que hoy conocemos como la teoría de la circulación general de la atmósfera, que explica cómo se crea el viento.

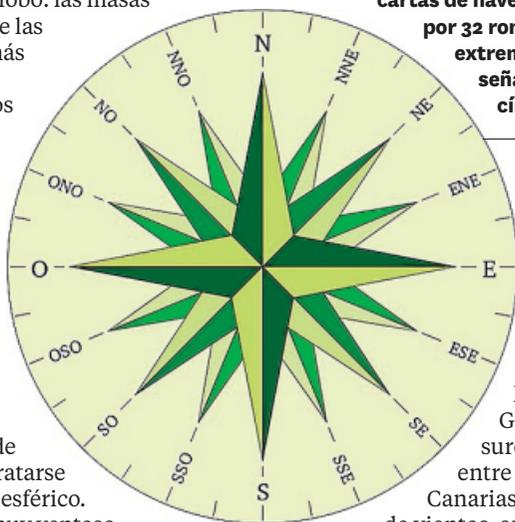
**El viento tiene su origen en los desplazamientos** de las grandes masas de aire que se mueven por las diferencias de presión que varían en función de la cantidad de sol que reciben determinadas zonas de la Tierra. En las zonas que reciben más energía solar, el sol calienta el suelo y este, el aire que lo rodea. El aire caliente se dilata y asciende, y su lugar es ocupado por aire más frío. Este movimiento se reproduce en todo el globo: las masas de aire se dirigen desde las zonas más frías a las más cálidas, creándose así corrientes más o menos estables. En este esquema de desplazamientos entran otros factores, como la situación de los continentes y su relieve, los océanos, que no reaccionan del mismo modo que la tierra al calentamiento del sol, y el efecto Coriolis, que modifica el recorrido de las masas de aire por tratarse la Tierra de un cuerpo esférico.

España es un país muy ventoso, por su situación como punta de lanza de Europa en el Atlántico –situación que comparte con Portugal– y por su orografía diversa. Las diferencias en altura entre las cordilleras y las mesetas crean pasillos naturales por los que circula el viento, acelerándose como consecuencia del efecto embudo. Ejemplos de estos pasillos son la depresión del Ebro, que forma un canal entre los Pirineos y el Sistema Ibérico, o la submeseta norte, que queda entre la cordillera cantábrica y el sistema central.

Hay varias zonas particularmente ventosas en nuestra geografía: el oeste del litoral cantábrico (y, especialmente, el territorio entre la ría de Arosa y Estaca de Bares, en

## La Rosa de los Vientos

**A pesar de ser un símbolo en forma de círculo que tiene marcados los rumbos en que se divide la circunferencia del horizonte, también ha sido considerada un diagrama que representa la intensidad media del viento en los diferentes sectores en los que divide el círculo del horizonte. La invención de Rosa de los Vientos se atribuye al sabio mallorquín Raimundo Lulio, aunque seguramente se inspiró en descripciones del historiador romano Plinio el Viejo. En las cartas de navegación se representa por 32 rombos unidos por un extremo mientras el otro señala el rumbo sobre el círculo del horizonte.**



Galicia); el Valle del Ebro; la línea Salamanca-Valladolid-Burgos; Castilla-La Mancha; el litoral mediterráneo, desde el Ampurdán hasta la Sierra de cabo de Gata; y el extremo suroeste de la Península, entre Algeciras y Cádiz.

Canarias también es una zona de vientos, aunque menos

violentos y explosivos que los que se dan en el suroeste de la Península o en la costa catalana.

**En la actualidad, el viento no es tan decisivo** en la vida de las personas como lo era en las civilizaciones clásicas, pero el ser humano, todavía hoy, es vulnerable a la furia de los temporales y la combinación del viento y el agua. El huracán Sandy, que pasó por la costa este de Estados Unidos en 2012, dejó 50 muertos y millones de ciudadanos sin luz. La ciencia ha avanzado en la previsión, pero no lo suficiente como para evitar la catástrofe.

Hay dos usos del viento que hoy siguen de actualidad: transporte aéreo y energía.



**Cometas** en el Festival Internacional del Viento Ciudad de Valencia (abajo).

**La Rosa de los Vientos** (izda.).

El transporte aéreo no depende tanto del viento como de la física y de la aerodinámica, pero es fundamental conocer las previsiones meteorológicas para asegurar un trayecto sin sobresaltos. El viento también incide en el tráfico aéreo mediante las corrientes en chorro, pasillos de aire que impulsan los trayectos de los aviones de oeste a este. Las corrientes más bajas, las que circulan entre los 7 y los 10 kilómetros de altura, son excesivamente fuertes, con vientos que pueden superar los 300 km/h, pero las que ascienden por encima de los 10 km de altura sí son aprovechables por los aviones; un vuelo entre continentes impulsado por un chorro de aire puede durar una o dos horas menos.

**En cuanto al uso energético del viento, hoy en día el mundo camina hacia las energías renovables, y, de entre ellas, la eólica es un**

**Las corrientes en chorro reducen el tiempo de vuelo en una o dos horas**

valor seguro. Una de sus principales ventajas es que su combustible es natural e infinito, por lo que ni hay que comprarlo, ni genera residuos ni emite CO<sub>2</sub>. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético suponen el

76% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que desarrollar energías libres de emisiones es una de las estrategias fundamentales para luchar contra el cambio climático.

Desde mediados de los 90 y durante la primera década del siglo XXI, España desarrolló y consolidó un sector eólico que hoy da empleo a 20.000 trabajadores, exporta 2.234 millones de euros en tecnología eólica y genera el 20% de la energía que se consume en el país. ■

# Un país de corrientes

Si ocho son los vientos principales, innumerables son sus nombres y características cuando recorren la Península

España es un país ventoso, y lo es tanto por su ubicación a orillas del Atlántico como por las cordilleras y sistemas montañosos que lo forman. Como puerta de Europa, España también deja entrar a las corrientes de aire que llegan desde el Atlántico, procedentes del choque entre las masas de aire frío polar y las de aire cálido tropical. Si el viento se crea, entre otras causas, por la diferencia de temperatura entre masas de aire, es sencillo imaginar la violencia de un viento que surge cuando se combinan un viento helado y otro muy cálido. Todo esa masa de aire pasa directamente por España.

El otro rasgo que caracteriza la condición ventosa de nuestro país es el contraste entre las zonas montañosas y las mesetas y depresiones, que forman pasillos naturales que estrechan el espacio por donde puede pasar el viento, lo que crea un efecto embudo que acelera su velocidad. La depresión del Ebro, un pasillo entre los Pirineos y el Sistema Ibérico, o la submeseta norte, que queda entre la cordillera cantábrica y el sistema central son canales naturales por los que el viento discurre a gran velocidad.

El catedrático de Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Alicante Jorge Olcina ya describió a mediados de los 90 las zonas particularmente ventosas de España: el oeste del litoral cantábrico, y especialmente el territorio entre la ría de Arosa y Estaca de Bares; el valle del Ebro, como bien saben en Zaragoza, 'la novia del viento'; la línea Salamanca-Valladolid-Burgos; Castilla-La Mancha, la región con más molinos de viento no energéticos de España; el litoral mediterráneo desde el Ampurdán hasta la sierra de cabo de Gata; y, finalmente, el extremo suroeste, entre Algeciras y Cádiz, donde se encuentra el viento más constante de España: Tarifa,

Los nuevos molinos se elevan en el amanecer, casi fantasmagóricamente, sobre la niebla. JAIRO PEÑA





que tiene al año unos 355 días ventosos. En este *ranking* de persistencia la sigue la capital de Aragón, con unos 315 días de viento. Canarias también es una zona de vientos, aunque menos violentos y explosivos que los que se dan en el suroeste de la Península o en la costa catalana.

**En cuanto a los vientos que azotan las costas y** recorren los pasillos naturales de la Península, se puede hablar de cuatro vientos dominantes o condicionantes. Uno de ellos es el cierzo, que domina el valle del Ebro, un viento de componente (que procede de) noroeste. «El cierzo es muy frecuente –explica José Miguel Viñas, ingeniero del aire y meteorólogo– porque cualquier viento de componente norte que cruce los Pirineos acaba en el valle, luego se acelera según se canaliza y da a la desembocadura del Ebro, que es muy ventosa». Otro

### La orografía de España otorga características únicas a sus vientos

viento dominante es la tramontana, de componente norte, que también afecta la barrera de los Pirineos y azota la costa catalana y su interior.

Otra zona de paso de vientos condicionantes es el estrecho, «un

estrechamiento natural donde el aire se canaliza y acelera y sopla de levante (viento de componente este) o de poniente (componente oeste), aunque predomina levante, que es un viento más fuerte e intenso», explica Viñas. Canarias también se ve envuelta por otro de los vientos condicionantes, los alisios, de componente noreste. De este modo, casi todo el viento que recorre el interior de la Península proviene de una de estas cuatro zonas de entrada de vientos condicionantes: el Ampurdán, el valle del Ebro (cuyos vientos proceden de Galicia), el Estrecho y, en menor medida, Canarias.

En muchas ocasiones los vientos no viajan solos, y suelen venir acompañados de lluvias. En el mar Cantábrico son los vientos del noroeste los encargados de traer las precipitaciones, unos vientos asociados a las borrascas, que traen cielos plomizos y vientos molestos. Ya en el interior de la Península, las lluvias son el equipaje de los vientos de componente >>>

## Los vientos de España

>>> este, deja lluvias en la costa y algunos kilómetros hacia el interior durante el otoño.

**Uno de los fenómenos más curiosos relacionados** con el viento en España es el efecto *foehn* o *föhn*. Se da cuando una masa de aire cálido se ve obligada a atravesar una montaña: en la subida, el aire se enfría y se condensa, lo que provoca lluvias, pero cuando llega a la cima y empieza a descender, el aire vuelve a ser cálido, incluso más de lo que era antes.

Este fenómeno, común en la Cordillera Cantábrica, en los Pirineos y en Canarias, produce contrastes muy exagerados a ambos lados de la montaña: por el lado donde asciende el viento, se pueden dar zonas muy boscosas, gracias a las abundantes precipitaciones; pero por el otro lado, a solo unos cientos de metros de distancia, se dan zonas desérticas, consecuencia del viento cálido y seco. Este viento cálido tiende a elevar las temperaturas en las zonas costeras, como el litoral cantábrico, el Mediterráneo norte y las playas canarias, y suele estar asociado a jaquecas y depresiones. «Para demostrar esta asociación entre viento y ciertas dolencias, se han realizado estudios donde se comparan las crisis de urgencias de un día con los tipos de viento que soplaron aquel día, y a veces hay correlaciones en casos de depresión, trastornos psicológicos y crisis de ansiedad», explica José Miguel Viñas, meteorólogo y autor del portal *divulgameteo.es*. «Esta correlación se da especialmente con el viento de componente sur del Cantábrico y con la tramontana».

**El mapa de los vientos español (en la página siguiente)** distingue entre vientos dominantes o principales, que son los que todas las regiones reconocen con nombres semejantes, y los vientos locales, que son los nombres que reciben cuando los vientos pasan por determinadas zonas y municipios y adquieren características propias.

El noreste de la Península es zona de paso de los vientos de componente norte, que son fríos, y también de los últimos estertores del viento del suroeste, cálido. De esta forma se pueden encontrar la nortada, un viento frío de componente norte que pasa por Galicia, y el

gallego o regañón, un viento racheado muy frío que azota el noroeste de Castilla y León. La galerna no es un viento propiamente dicho, sino un fenómeno que se da en la costa cántabra entre primavera y otoño cuando dos vientos, uno frío, del norte, y otro cálido, del sur, colisionan, lo que provoca cambios radicales de viento y de temperatura (hasta 12 °C en cuestión de minutos). Todavía en la costa cantábrica, destacan las suradas, vientos cálidos que provienen del interior de la Península, que se enfrían conforme se acercan a la cordillera Cantábrica y que, al atravesarla, producen el efecto *foehn*.

En el valle del Ebro reina el cierzo o moncayo, un viento muy frío y seco que azota sin misericordia hasta la desembocadura del Ebro, donde recibe el nombre de mestral y se expande por todo el golfo de León. Muy cerca de allí, en el norte de la costa catalana, sopla la tramontana, un viento frío del norte que también suele provocar el efecto *foehn*. Para consuelo de sus habitantes, esta región también es zona de paso del garbi, un viento de componente sur cálido y tranquilo. El levant también sopla por allí, y suele traer temporales por tratarse

de un viento fresco, húmedo y fuerte. Las Islas Baleares se encuentran en la ruta de la tramontana y también del gregal, un viento fresco de componente noreste que llega a penetrar en la Península.

La región que forman el sur de Valencia, Murcia y el este de Andalucía recibe dos vientos de componente este: el más fresco y húmedo es el levante, que procede del noreste y atraviesa el sur de la Península; y el siroco o xaloc, un viento cálido, muy seco y que arrastra arena procedente del Sáhara. La costa más occidental de Andalucía, en la frontera con Portugal, ofrece un pasillo natural para que penetre el poniente, un viento atlántico de componente oeste que suele traer las

**El efecto 'foehn' está relacionado con jaquecas, depresiones y trastornos**

**±12 °C**

**es la oscilación que puede darse cuando chocan dos masas de aire distintas en la galerna**

## ASÍ SOPLAN



### Mismo viento, distinto nombre

«Hay muchas denominaciones de los vientos que son denominaciones locales», explica José Miguel Viñas, físico del aire y meteorólogo. Según él, hay nomenclatura que viene directamente del medievo, de gente que tenía molinos y llamaba de una forma distinta a cada viento según su procedencia. Algunos de estos vocablos han trascendido y todavía hoy se utilizan: «Se puede dar que el mismo viento sea llamado distinto por un molinero de Campo de Criptana que por otro molinero de Valdepeñas».

borrascas que luego afectan al interior de la Península.

Cuando los vientos recorren el interior de la Península suelen adquirir características propias, fruto del recogimiento entre cordilleras y sistemas montañosos de Extremadura, el norte de Andalucía y las dos Castillas. Así, se pueden encontrar vientos tan dispares como el ábrego o llovedor, templado y húmedo de componente sudoeste, y el solano, viento cálido y fuerte que sopla desde el este y atraviesa Madrid, Castilla-La Mancha y Extremadura.

En cuanto a las Islas Canarias, los vientos alisios, de componente noreste, compiten con el levanto, que es como llaman en las islas al siroco que viene del Sáhara.

# Protagonista en la pantalla

La pintura y la literatura prefieren otros elementos, pero los directores del cine de catástrofes disfrutaron especialmente con el poder destructor del viento

El viento no tiene tanto gancho para el arte como lo pueden tener el agua o el fuego. El agua se asocia con la libertad cuando es navegada; con lo desconocido, cuando se habla de las profundidades abisales del mar; o, en su analogía más directa, con la limpieza. El fuego multiplicó sus metáforas gracias a la poesía: es pasión, amor, sensualidad, pureza, infierno. El aire es el menos inspirador de los tres elementos, pero eso no significa que el arte lo haya apartado.

«El problema que hay con el aire es que es un medio fluido, como el agua, pero no es tangible», explica José Miguel Viñas, ingeniero físico y meteorólogo. «Durante siglos se pensó que era un vacío, que no había nada, y hasta el siglo XVII no se empezó a representar a través de otras cosas, de forma indirecta», matiza.

Una de las representaciones más elaboradas del viento se da en la obra *Doña Juana la Loca*, pintada por Francisco Pradilla en 1877. La obra representa a Juana la Loca mientras vela el ataúd de Felipe el Hermoso, en mitad de un campo azotado por el viento. Sabemos que hace viento porque el autor lo dibuja valiéndose de varios elementos: inclina la columna de humo de una hoguera y también las llamas de las velas y los ropajes de los presentes.

Otra obra que representa el viento es *El nacimiento de Venus*, de Botticelli, terminada en 1484. La pintura también se apoya en las ropas de los dioses para mostrar el viento.

**Si el aire y el viento no pueden verse, entonces su uso es todavía más limitado.** En la literatura, el aire/viento se utiliza sobre todo por su poder tamizador: el viento que se lleva lo liviano, lo prescindible, lo que no tiene arraigo. Estas ideas, muchas veces asociadas con el paso del tiempo, se ven reflejadas en la literatura, pero rara vez son la base sobre la que se construye la historia. *Lo que el viento se llevó* sería el ejemplo más reconocible.

El viento tiene más protagonismo en el cine. Unas veces, las menos, para ahondar en

lo simbólico, como en *El viento* (Victor Sjöström, 1928), un drama mudo donde la rebeldía de la protagonista, obligada a un casamiento que no quiere, se representa en forma de tormentas de viento y arena. Otro ejemplo es la ya citada *Lo que el viento se llevó* (Victor Fleming, 1939), donde el viento/tiempo tamiza la vida de la protagonista y solo deja lo que para ella siempre fue fundamental. Un ejemplo más reciente es *Take Shelter* (Jeff Nichols, 2011), cuyo protagonista espera la llegada del apocalipsis bajo un cielo plomizo y una brisa tensa.

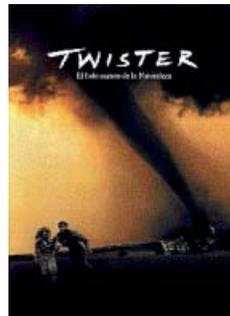
Pero donde el viento se aleja de analogías y metáforas y entra de lleno en las historias

**‘Twister’ (1996) convirtió al viento en protagonista absoluto**

es en el cine de catástrofes. En los 70 se produjo la irrupción del cine destructor, con películas como *Aeropuerto* (George Seaton, 1970) o *La aventura del Poseidón* (Ronald Neame, 1972), pero la verdadera edad

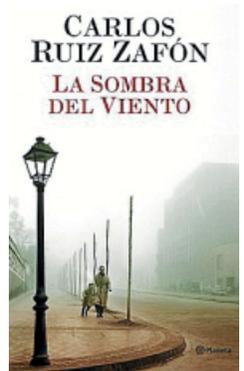
de oro del cine de calamidades ventosas fue la década de los noventa, con películas como *Deep Impact* (Mimi Leder, 1998) y, sobre todo, *Twister* (Jan de Bont, 1996). Esta película convirtió al viento en protagonista indiscutible y enseñó a los adolescentes de la época a medir los huracanes por su fuerza, en *efes*. Fue un fenómeno del cine comercial y recaudó 494 millones de dólares, más de cinco veces lo que costó.

Tras interrumpirse la producción de películas de catástrofes entre 2001 y 2004, a consecuencia de los atentados del 11-S, el viento volvió a las pantallas con *El día de mañana* (Roland Emmerich, 2004), *2012* (Roland Emmerich, 2009) o *En el ojo de la tormenta* (Steven Wuale, 2014), donde, al contrario que en casi todos los títulos anteriores, el viento era protagonista absoluto del desastre.



**UN ELEMENTO, VARIOS FORMATOS**

(De izda. a dcha. y de arriba abajo)  
 El nacimiento de Venus, de Botticelli; Doña Juana la Loca, de Francisco Pradilla; carteles de las películas Twister y Lo que el viento se llevó; escena de la película El Mago de Oz; y portada de la novela La sombra del viento.



# Del molino al aerogenerador

El viento perdió su influencia en la agricultura y la navegación, y la recuperó como fuente de energía y movimiento

El viento lleva miles de años entre las preocupaciones de agricultores y navegantes. Los primeros lo temen porque destruye cosechas y seca el ambiente; los segundos, los navegantes, lo buscan, aunque con cautela.

Tras la navegación, el uso más extendido del viento fue la agricultura. Los molinos de eje horizontal y aspas giratorias surgieron en Persia, alrededor del siglo VII, y desde entonces fueron apareciendo diversos modelos. Durante la Edad Media se idearon las variantes principales, el molino de viento mediterráneo y el europeo, diferentes entre sí en su aspecto y mecánica. Los mediterráneos, herederos de la cultura musulmana, pasaron de ser pequeñas construcciones de piedra con rotores fijos, a las torretas orientables que todavía hoy podemos ver en Castilla-La Mancha. Los molinos europeos, por su parte, eran construcciones en madera, más pequeños que los mediterráneos, levantados sobre trivotes que les facilitaban el giro para orientarse hacia el viento.

Fueran mediterráneos o europeos, los molinos mantuvieron su utilidad hasta bien entrado el siglo XX, moliendo cereales o bombeando agua. Hoy en día, la molienda de grano con molino de viento está prácticamente desaparecida, y los molinos de viento que se conservan están restaurados para ser visitados. Sí mantienen su función los molinos de paletas metálicas que surgieron en Estados Unidos durante el XIX y que todavía hoy sirven para bombear el agua en zonas semidesérticas.

**Iniciado el siglo XX, algunos científicos empezaron a pensar en aprovechar el movimiento de las aspas de los molinos para la generación de energía. No fue un entusiasmo generalizado y solo algunos científicos norteamericanos, ingleses y daneses profundizaron tímidamen-**



**La molienda y la navegación** siempre han sido los usos tradicionales del viento, aunque hoy una de sus funciones es el entretenimiento.



te. Además, los precios de las materias primas de las que se obtenía energía estaban por los suelos tras la Segunda Guerra Mundial, así que no hubo necesidad de buscar alternativas energéticas.

Esta tranquilidad se interrumpiría en 1973, con la crisis del petróleo y el encarecimiento de las materias primas. Las principales potencias recuperaron los primeros trabajos que combinaban viento y energía y retomaron



GTRES



GTRES

los estudios para conseguir una energía alternativa a los hidrocarburos. Dinamarca, que llevaba un par de décadas de adelanto, pues desde mediados de los 50 contaba ya con un aerogenerador de 200 kW, marcó el ritmo de la inventiva el desarrollo de los prototipos. El dominio danés se mantuvo hasta finales del siglo xx, cuando a la vanguardia de la energía eólica se añadieron otros países, como Estados Unidos, Alemania y España.

Y si el último cuarto del siglo xx destacó por el desarrollo de la energía eólica, los años 20 y la Segunda Guerra Mundial impulsaron la aviación moderna. Aunque el desplazamiento de los aviones no depende tanto del viento como de la aerodinámica y la física, los primeros vuelos de pasajeros obligaron a los meteorólogos a mejorar sus previsiones, lo que provocó que aumentara el interés por saber más sobre el viento y por contar con mejores herramientas de medición.

«Las predicciones que se manejan hoy en día no tienen nada que ver con lo que había hace años», explica José Miguel Viñas, físico del aire y meteorólogo: «Hoy el máximo desarrollo en la previsión lo encontramos en

**«El viento sigue siendo muy importante en el ámbito rural»**

las competiciones de vela. La información que se facilita a las tripulaciones es muy concreta y se llega a precisar al minuto las características del viento. Pero puede entrar en juego la brisa y cambiar. Incluso el

modelo de predicción más completo no puede asegurar con todo detalle una situación».

**En la actualidad el viento no es tan decisivo** como en tiempos de las primeras civilizaciones mediterráneas, aunque sigue siendo importante en el ámbito rural. Tampoco en el mar, donde la navegación a vela ha sido desplazada por los barcos motorizados, si bien se considera que, en términos de autenticidad, la navegación a vela está unos escalones por encima. Por otro lado, los instrumentos de medición y previsión han ampliado el tiempo de reacción ante problemas en el mar y el aire. Sin embargo, todavía no se puede afirmar que el viento haya sido dominado. «Uno de los retos actuales en la medición del viento es mejorar la previsión de situaciones adversas y catástrofes, particularmente en las zonas donde el viento se canaliza, como el Ebro, Cataluña, el Cantábrico y el estrecho», explica Viñas. «Ya podemos saber de dónde vendrá el viento, pero hoy sigue siendo muy complicado saber su intensidad. El viento siempre se reserva sorpresas», concluye.



La mayoría de parques eólicos españoles se encuentran cerca de núcleos rurales.

GUILLERMO QUINTANILLA

# Un sector que mira al exterior

Mientras que en España la energía eólica se ve frenada, en el mundo aumenta el número de instalaciones, muchas de ellas levantadas con molinos españoles

El año pasado la eólica fue la segunda fuente de energía en España, y cubrió el 19,54% del total de la demanda, solo por detrás de la nuclear, con el 22,10%. Esta cifra supuso un ligero retroceso frente al 2013, cuando la eólica ocupaba la primera posición, con el 21,1%, una décima por delante de la energía procedente de las centrales nucleares. Entonces, en 2013, España fue el primer país del mundo en situar a la eólica como su primera fuente de energía durante un año completo.

La potencia instalada en España hoy es de 22.959 MW, suficiente para abastecer al 90% de los españoles si el viento nunca dejara de soplar. Sin embargo, el principal punto débil de la eólica, como lo es también de la fotovoltaica, es su temporalidad, pues la estación ventosa se concentra entre noviembre y abril. De hecho, el último récord histórico de generación de energía fue el pasado 30 de enero de 2015, cuando se

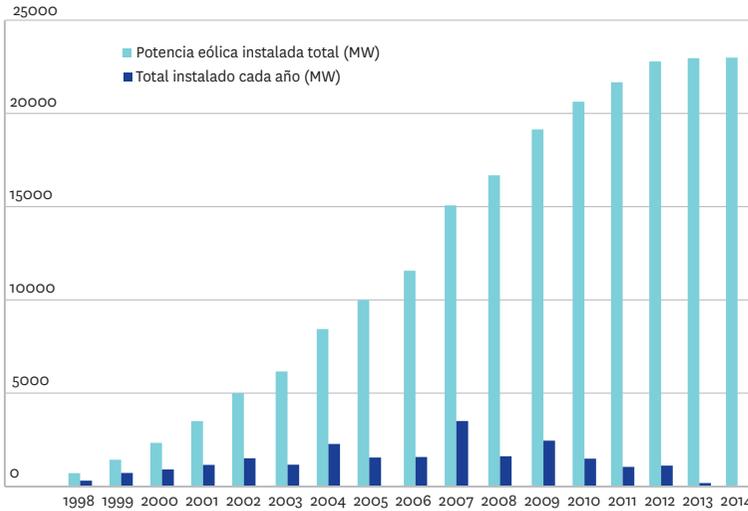
produjeron 357.741 MWh, el 53% de la demanda energética de un solo día.

España tiene 1.077 parques eólicos en todo el territorio español, salvo en Madrid y Extremadura. Destacan Castilla y León (241), Castilla-La Mancha (139), Andalucía (153) y Galicia (161).

**El sector eólico español, que comprende a unos 20.000 trabajadores, se desmarca del resto de tecnologías por su independencia respecto de materiales y de ideas procedentes del exterior.** Si bien los primeros aerogeneradores que se instalaron en la Península a comienzos de los 80 procedían de Dinamarca, en la siguiente década toda la cadena de producción de la eólica ya se hacía en España; desde la fabricación de las piezas hasta el montaje, pasando por el transporte, la ingeniería y el mantenimiento. Y las ideas: España es el quinto país del mundo en patentes de energía eólica.



## EVOLUCIÓN ANUAL Y ACUMULADA DE LA POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA



FUENTE: AEE

Y también somos el cuarto país con más energía eólica instalada y producida en el mundo, aunque es probable que el año que viene la India ocupe este lugar, pues España ha reducido drásticamente la instalación de molinos. Si en 2013 instaló 175 MW nuevos, muy lejos de los 1.110 MW de 2012, el año pasado fueron 27, una caída del -85%. Esta tendencia va en sentido opuesto al desarrollo de la eólica en el mundo, que el año pasado instaló 51.477 nuevos MW, un 44% más que en 2013.

En cuanto a las exportaciones, España vendió 2.234 millones de euros en tecnología eólica, un 57,4% más que en 2013. Esta cifra acredita a España como el tercer exportador de la UE de este sector. Francia, Italia, Alemania y Polonia son los principales compradores.

No es casualidad que el corazón de Europa sea el principal comprador de la eólica española, pues apenas queda un lustro para la revisión final de los objetivos 20/20/20 fijados por la Comisión Europea, a saber: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%, lograr que el 20% de la energía consumida provenga de fuentes renovables y reducir el consumo de energía en un 20%. Objetivos que pasan por el fomento de las renovables.

## Parques españoles en el mundo

La eólica española en el mundo no solo se mide en las exportaciones, sino también en la construcción de parques eólicos al otro lado del Atlántico, donde Estados Unidos es el líder indiscutible en producción y fabricación. Un ejemplo es el parque eólico de Acciona en Eurus, México, con 167 aerogeneradores de 1.500 kW, capaz de abastecer una ciudad de medio millón de habitantes. O el parque más grande de Latinoamérica, también español: el complejo de Acciona de Oaxaca, México, con 204 aerogeneradores de 1.500 kW, suficientes para atender las demandas de 700.000 hogares.

### TOP 10 Países con más potencia instalada a 2014 (MW)

- 1 R. P. CHINA**  
114.609
- 2 ESTADOS UNIDOS**  
65.879
- 3 ALEMANIA**  
39.165
- 4 ESPAÑA**  
22.959
- 5 INDIA**  
22.465
- 6 REINO UNIDO**  
12.440
- 7 CANADÁ**  
9.694
- 8 FRANCIA**  
9.285
- 9 ITALIA**  
8.663
- 10 BRASIL**  
5.939

FUENTE: GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC)

# 204

molinos tiene el parque de Oaxaca, el más grande de Latinoamérica

# La fuerza del viento

Los aerogeneradores transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica, un proceso limpio que se inicia con el movimiento de las aspas

En aerogenerador aprovecha la fuerza del viento para mover las aspas y crear energía. La energía cinética del viento se convierte en energía eléctrica, un proceso que tiene lugar en las alturas, en la góndola del aerogenerador, a unos 120 metros de altura.

La cabina de control del aerogenerador, donde se encuentra su pulmón energético, recibe el nombre de góndola o barquilla, y mide entre 10 y 12 metros de largo y en torno a 4 de alto. Aquí se encuentran los elementos menos visibles de la generación de la energía, como el eje, la caja de engranajes o multiplicadora y el generador. Esta parte del aerogenerador también ha sufrido el gigantismo de los molinos más modernos, y actualmente es el doble de grande que la góndola de los modelos anteriores.

Los aerogeneradores han evolucionado sensiblemente desde los primeros modelos de los años 90. Un modelo actual, como el AW-116/3000, operativo en el parque eólico de Acciona en Alaiz, en Navarra, tiene los mismos elementos básicos que los aerogeneradores veteranos: tres palas, una góndola y una torre. Sin embargo, tanto las dimensiones como la capacidad de generación de energía se han

modificado sensiblemente. Un aerogenerador moderno supera los 120 metros de altura, 178 si se extiende hacia arriba una de sus tres palas, de 57 metros. Esta altura triplica los casi 60 metros de altura, pala incluida, de un modelo de mediados de los 90. En cuanto a su producción energética, un modelo nuevo, con una potencia de 3MW, puede abastecer el consumo eléctrico de 4.000 hogares, algo impensable hace 20 años, cuando el molino más moderno, de 0,5MW, podía generar energía suficiente para 500 hogares.

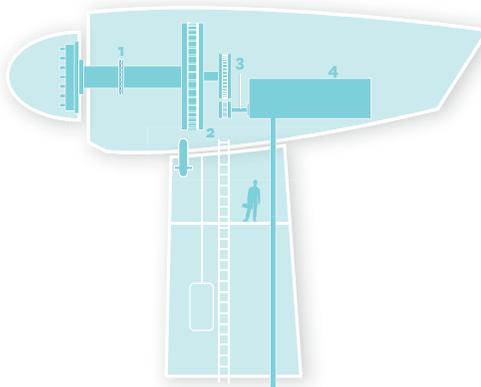
La eficiencia de los aerogeneradores también ha mejorado en las últimas décadas. El diseño actual de las palas, en fibra de vidrio, no solo es más resistente, sino que permite que una menor velocidad del viento active el mecanismo de generación de energía.

Para Antonio Ugarte, director del departamento de energía eólica del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), la investigación en los aerogeneradores «ha mejorado mucho su fiabilidad y su precisión. Ahora mismo se trabaja para reducir en centésimas el precio que cuesta generar la energía, y la atención está puesta en las herramientas de cálculo, programas y >>>

## ASÍ FUNCIONA UN PARQUE EÓLICO

### ¿Cómo se crea la energía eólica?

Todo comienza con el **viento**, cuyo empuje hace girar las **palas**. El movimiento se produce cuando el viento alcanza cierta velocidad, normalmente entre 4 metros por segundo para los modelos más antiguos y 3 para los más modernos, una fuerza suficiente para iniciar el movimiento de unas palas que están diseñadas específicamente para oponer la mayor resistencia posible al viento. Cuando las palas y el **rotor** que las une se mueven, lo hace también el **eje principal (1)**. Para hacer más eficaz la generación de la electricidad, el eje va unido a una **multiplicadora (2)**, una caja de engranajes que potencia su velocidad: el **eje del interior del aerogenerador (3)** se mueve mucho más rápido que las aspas de fuera, cuya función es iniciar todo el proceso. El eje va conectado a un **generador (4)** que transforma la energía cinética del giro del eje en energía eléctrica mediante campos magnéticos.





**Los aerogeneradores**

**se agrupan** en parques

eólicos. Hoy hay 1.077 en

España. AUGUSTO VÁZQUEZ



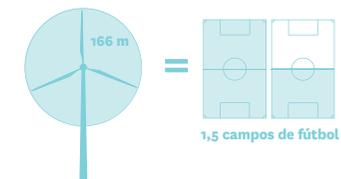
**La torre del aerogenerador**

Las torres más modernas alcanzan los 120 metros de altura, más de 180 si se tienen en cuenta las palas, que pueden alcanzar los 67 metros. El modelo AW-16/3000, uno de los más modernos, alcanza los 178, pala incluida. Las torres se fabrican en hormigón, en seis tramos que permiten su transporte. Los modelos más antiguos tenían torres de acero, lo que los hacía más ligeros, pero también más endebles a los golpes de viento.



**El rotor**

Al frente de la góndola, el rotor está formado por el buje y las tres palas, que quedan unidas a aquel. Son los únicos elementos móviles de la estructura del molino, y los que accionan el proceso de generación de energía. Las palas están construidas en fibra de vidrio y resinas.



## El viento, hoy

### Distribución de la energía / El Perdón

>>> metodologías. En la generación *onshore* [en tierra], el margen de mejora es cada vez menor», explica.

**La función principal de un generador es verter su energía en la red pública, de modo que los molinos se agrupan en parques eólicos, con decenas y hasta cientos de molinos cuyas producciones energéticas convergen en el mismo transformador. En España hay 1.077 parques eólicos, muchos de ellos en Castilla y León (241), Galicia (161) y Andalucía (153); solo Extremadura y Madrid no tienen ningún parque eólico.**

La situación de los parques, normalmente en lo alto de montes, está muchas veces marcada por el relieve, pero no siempre. «Cuando no existen limitaciones por el terreno», explica Rafael Zubiaur, director de Barlovento Recursos Naturales, «los molinos se suelen disponer en hileras perpendiculares a la dirección principal del viento, pudiéndose poner en hileras paralelas si hiciera falta».

El viento, como fluido, es particularmente sensible a los obstáculos, de ahí que los parques estén en zonas despejadas, donde el viento pueda fluir a su máxima velocidad. La proximidad entre los molinos es también un factor de estudio. «Esta proximidad tiene dos efectos: en primer lugar, los aerogeneradores que están delante 'quitan energía' a los que están detrás, lo que se llama efecto estela; y, en segundo lugar, crean turbulencia en el aire, que es perjudicial para los demás aerogeneradores, tanto los que están a los lados como los que están detrás. Cuanto más se separen entre sí, menos se nota el efecto estela y la turbulencia», concluye Zubiaur.

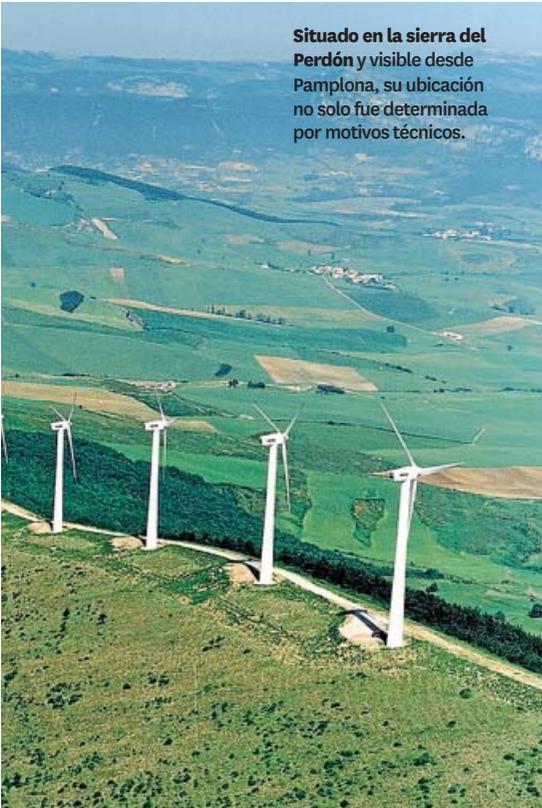
**Casi todos los parques eólicos están conectados a la red pública y ofertan su energía en el mercado eléctrico. Para que la energía de los aerogeneradores llegue a la red, antes debe pasar por un transformador, ubicado en tierra, para reducir la tensión, que en los primeros aerogeneradores era de 0,7 kilovoltios y en los más modernos, de 12 kV. La tensión de la red de distribución oscila entre los 20 kV y los 132 kV.** ■



## El Perdón celebra 20 años

El primer parque eólico de Acciona sigue generando energía verde y no se plantea la sustitución de ninguno de sus molinos

En 2014 cumplió 20 años el primer parque eólico de Acciona en España. Ubicado en la sierra del Perdón, en Navarra, y visible desde los tejados de Pamplona, el parque eólico del mismo nombre está formado por 40 molinos de acero que generan energía suficiente para abastecer a más de 6.800 hogares durante todo un año. Fue el primero en llegar y aunque sus aerogeneradores ya han sido ampliamente



**Situado en la sierra del Perdón** y visible desde Pamplona, su ubicación no solo fue determinada por motivos técnicos.

superados por sus versiones más modernas, El Perdón se mantiene hoy imperturbable en la sierra navarra.

**La instalación de los 40 aerogeneradores de 500 kW** de El Perdón se llevó a cabo en dos fases. En la primera, que tuvo lugar en 1994, se instalaron seis turbinas en la parte más alta de la sierra, a pocos metros de la carretera. Cada aerogenerador tenía una altura de 59,5 metros sumando mástil (40 metros) y palas (19 metros). Meses más tarde, en 1995, se amplió el parque con 34 nuevos generadores, que se dispusieron siguiendo la fila marcada por los primeros molinos.

La elección del terreno no fue casual. Hubo dos razones importantes para decidir que la sierra del Perdón sería el mejor emplazamiento. La cercanía a la capital navarra y su

comunicación directa por carretera fueron argumentos decisivos, pero aún más importante que la logística resultó ser su visibilidad. Como primer proyecto de generación eólica de Acciona en España, era fundamental que los molinos se vieran y que la población asumiera que los gigantes blancos que giraban en la colina estaban creando energía. El objetivo fue crear un nuevo icono de la energía que redujera el protagonismo de los hasta entonces únicos símbolos reconocibles de la electricidad española: las grandes presas hidroeléctricas y los postes eléctricos de alta tensión. A ambos 'símbolos eléctricos' se sumaría entonces el aerogenerador.

**Aunque no está previsto sustituir ningún** molino al menos en los próximos cinco años, los aerogeneradores de El Perdón empequeñecen al ser comparados con sus hermanos más jóvenes. Para empezar, por su tamaño: un aspa

**6.800**

**hogares pueden abastecerse durante un año gracias a la energía generada por 40 molinos de 500 kW**

de un moderno AW-116/3000, en activo en el parque de Alaiz, en Navarra, mide 56,7 metros, casi tanto como todo un molino de El Perdón, mástil y aspa incluidos; el molino moderno alcanza los 178 metros en su punto más alto.

Desde el punto de vista energético, la proporción no mejora para el veterano G-39/500, el aerogenerador de El Perdón: un molino moderno genera 3.000 kW, seis veces más que los aerogeneradores decanos.

A pesar del gigantismo de los modelos más recientes, los avances técnicos han conseguido que necesiten menos viento para generar la misma cantidad de energía que los modelos antiguos, pues mientras que los antiguos necesitaban que el viento golpease en la pala a más de 4 metros por segundo (m/s), las de los modernos empiezan a moverse con 3 m/s. Además, el viento sopla con más fuerza cuanto mayor es la altura.

**El Perdón fue uno de los primeros; hoy hay 1.077** parques eólicos en España, distribuidos en todas las CC AA salvo Extremadura y Madrid.



El parque eólico Chiripa, en Tilarán, al noroeste de Costa Rica.

## Más eólica para Costa Rica

El parque eólico Chiripa tiene 33 molinos y genera energía suficiente como para abastecer a 80.000 hogares costarricenses

A finales de 2014 se inauguró el último parque eólico de Acciona Windpower, ubicado en Costa Rica. Chiripa, situado en Tilarán, al noroeste del país centroamericano, cuenta con 33 molinos de 1,5 MW y una capacidad de generación anual de 200 GWh, suficiente para abastecer a 80.000 hogares durante un año.

El proyecto ha sido desarrollado por un consorcio formado por ACCIONA Energía (65%) y la compañía costarricense Ecoenergía (35%), con un coste de 125 millones de dólares. La producción energética del parque se vende al Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, el ente público que regula la energía, pero el consorcio paga una cuota anual por su uso. El proyecto seguirá en manos del consorcio durante 20 años, y después pasará al ICE. Este tipo de proyectos se engloba dentro de la

fórmula público-privada BOT: Build, Operate and Transfer (construir, manejar y transferir), por la que un ente privado asume estas operaciones para finalmente ceder la gestión del bien al Estado.

Los 33 aerogeneradores de Chiripa son del tipo AW 77/1500, de 80 metros de alto, cuerpo de acero y tres palas de 37,3 metros de longitud. Durante su construcción, el parque generó 300 puestos de trabajo; 11 operarios se encargan en la actualidad de su mantenimiento.

**La región de Tilarán cuenta con cuatro parques** eólicos más, con una capacidad de generación conjunta de 183,5 MW. Costa Rica presume de funcionar casi al 100% con energía verde, y a comienzos de 2015 acumularon 75 días en que cubrieron su demanda energética únicamente con renovables. El 90% de su energía proviene de la generación hidroeléctrica, pues, como país tropical, disfruta de abundante lluvia; el resto de la energía es solar, geotérmica y eólica. Sin embargo, esta autosuficiencia energética no es estable durante todo el año, pues depende de las lluvias y de los niveles de sus presas y ríos. Para acabar con esta temporalidad el país lleva tiempo invirtiendo en parques eólicos y estaciones geotérmicas, aprovechando sus chimeneas volcánicas.

# Los buscadores de vientos

Evaluar si un terreno es apto o no para instalar un parque eólico es una tarea de investigación que puede marcar el éxito o el fracaso de todo el proyecto

La construcción de un parque eólico medio, de unos 10 molinos, suele llevar dos años. El primero es solo para los preliminares: escoger una posible localización, evaluar el terreno, examinar la calidad del aire, prever cuánta energía se obtendrá. Son datos que marcarán el rendimiento del parque y condicionarán su productividad, es crucial que estén bien calculados. España cuenta con varias empresas especializadas en la evaluación y predicción del recurso eólico, y sus técnicos se encuentran entre los más solicitados por países como Brasil, Egipto, Pakistán o México, posibles futuras potencias eólicas.

«Antes de empezar a medir, se evalúa la climatología del sitio y toda la información que se pueda recopilar», explica Miguel Asensio, director de desarrollo internacional de Barlovento Recursos Naturales. Los buscadores de viento realizan la mayor parte de su trabajo en la oficina, entre modelos numéricos de previsión, cálculos matemáticos y mapas eólicos, pero cuando recorren el terreno lo hacen a conciencia. La visita al sitio es obligada y es fundamental medir la inclinación de los árboles, las dunas o la erosión provocada por el viento, pistas que describen cómo de fuerte y persistente es el viento de la zona.

Visto el terreno, los evaluadores contrastan sus opiniones con los testigos. «Todo esto ayuda, pero no siempre la opinión de la gente local es acertada; a veces se confunde la molestia del viento o los daños que produce ocasionalmente con su contenido energético», explica Asensio. Un viento tan poderoso como explosivo no es de calidad, al contrario; los vientos que son constantes y predecibles puntúan más alto en la escala de contenido energético.

**Si los buscadores de viento determinan tras su investigación que por allí sopla un viento con posibilidades energéticas, y que el terreno es**



La torre meteorológica monitoriza el viento durante un año.

**«Se puede saber cuánta energía eólica se va a producir mañana»**

accesible, permite trazar una conexión entre el parque y la red eléctrica y no hay problemas ambientales, dan comienzo los trabajos de medición. Para ello se utilizan torres meteorológicas, algunas con más de 100 metros de alto, que se instalan en el terreno y registran el comportamiento del viento durante por lo menos un año.

En paralelo a las mediciones, explican desde Barlovento Recursos Naturales, dan comienzo las tramitaciones administrativas, la elaboración del proyecto y los estudios ambientales, geotécnicos y topográficos.

Sobre la certeza de las previsiones, «nadie es infalible», reconoce Asensio, «mucho menos cuando se trata de predecir las condiciones de la atmósfera». Sin embargo, explica, gracias a los avances de los últimos años en los sistemas de medición y en los modelos numéricos, «se puede saber, con un grado de confianza aceptable, cuánta energía de origen eólico se va a producir mañana». Y subraya: «Los que acusan a la energía eólica de no ser predecible, lo hacen por ignorancia o porque tienen otro tipo de intereses».

## El viento, hoy

### La fábrica de palas

# Los brazos de los gigantes

Las palas son de los elementos más característicos de los molinos. También son frágiles y complejas en su fabricación

Un parque eólico bien emplazado siempre es perjudicial para su propia conservación: tiene que estar en la parte más elevada de una montaña o de un monte, en el mismo centro de una corriente de aire y lejos de cualquier elemento que pueda obstaculizar el flujo del viento. Es una posición poco segura para el aerogenerador, pero la mejor desde el punto de vista energético. Allí, en lo alto de los montes, los molinos se exponen a la inclemencia del viento y de las tormentas.

Las palas no son precisamente el elemento más débil de un aerogenerador, lo es la góndola, el corazón del aerogenerador, donde se sitúan casi todos sus componentes mecánicos y de control. El Instituto de Energías Renovables de la Universidad de Kassel, en Alemania, cifró en más de un 50% los daños que procedían de la góndola, bien de sus sistemas eléctricos, de la electrónica de control o de su estructura. Solo el 7% de los daños se daban en las palas. Aun así, las palas están expuestas al segundo culpable del deterioro de los parques, tras los fallos eléctricos y mecánicos: los rayos. Una aseguradora española especializada calcula la seguridad del sistema antirrayos de los aerogenerados en un 90%, lo que no impide que el 60% de las reclamaciones de daños de los parques provengan, precisamente, de impactos de rayos.

**Las palas, fabricadas en fibra de vidrio y resinas, no son particularmente atractivas para los rayos. Sin embargo, que los molinos ocupen posiciones tan elevadas y solitarias deja a las palas demasiado expuestas al alcance eléctrico. Por eso, las puntas de las palas se fabrican en aluminio y se construyen de tal forma que la corriente pueda atravesar la estructura del aerogenerador sin dañarla. Esto sucede en la mayor parte de los casos,**

## Un desafío logístico

**La fabricación de la pala es solo la mitad del reto: todavía queda llevarla a su parque eólico. A los conductores nocturnos no les será desconocida la imagen de tres camiones, uno por pala, transportando 40, 50, 60 metros de remolque a una velocidad inexistente, entre hileras de luces anaranjadas y parpadeantes. Las palas más pequeñas pueden ser trasladadas por aire, con helicópteros-grúa, aunque no es lo habitual.**

# 90%

**es el grado de seguridad antirrayos que tienen hoy las palas de molino**



**Planta de Lumbier, en Navarra.** Completar un asa de más de 60 metros lleva seis días.

ACCIONA

pero en otros, la electricidad descontrolada del rayo afecta a las palas. Hay casos, como el de cabo Vilán, en A Coruña, donde un rayo dobló en 2009 una de las palas. En casos tan extremos no hay otra solución que la sustitución de la pala.

#### **Una de las principales fábricas de palas de España se encuentra en Lumbier, Navarra.**

La planta, propiedad de Acciona Blades e inaugurada en 2009, no solo produce palas destinadas a los parques eólicos ubicados en España, sino que también tiene encargos para Estados Unidos, Canadá, Chile y Turquía. El pasado 2014 sus 300 empleados fabricaron más de 300 palas, algunas de ellas de 61,2 metros de longitud, las más largas de la compañía.

La fábrica de Lumbier, que ocupa una planta rectangular de 12.000 metros cuadrados, construye cinco tipos de palas, desde las más largas, como las de 61,2 y 56,7 metros, hasta las habituales de 34, 37,5 y 40,3 metros. La tendencia del mercado es que las palas sean cada vez mayores, bien porque vayan destinadas a los parques eólicos marinos, o porque se instalen en nuevos parques terrestres, donde

cada vez son necesarias palas más grandes porque se hace más complicado dar con zonas de viento óptimo, ya ocupadas por otros parques. Cuanto menor es el contenido energético de la zona, más grandes tienen que ser las aspas, pues el viento sopla más fuerte conforme mayor es la altura.

**La fabricación de una pala de aerogenerador** puede recordar a la creación de una moderna tabla de surf de fibra de vidrio o de carbono. Se necesitan dos moldes, uno por cada mitad vertical de la pala. Sobre el molde se extienden las capas de fibra de vidrio y se añaden unas sobre otras hasta conseguir el grosor adecuado. Al mismo tiempo, se van introduciendo vigas a modo de esqueleto, para que, cuando las aspas entren en uso, resistan el empuje del viento sin perder su forma. Durante todo el proceso, las fibras y las resinas ganarán solidez gracias al calentamiento de los materiales.

Una vez cada aspa tiene su forma característica, aunque partida por la mitad transversalmente, se gira, se aplica adhesivo industrial a sus bordes y se pegan ambas mitades. Y de ahí, al horno, que endurecerá la pala y la dejará lista para pintar. Todo el proceso habrá durado seis días.

## El viento, hoy

### Energía eólica y medio ambiente

Falces, en Navarra,

Premio Eolo 2015

a la integración rural

de la eólica. ACCIONA



# Limpia y sin emisiones

Si el sector energético es el responsable del 76% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, urge encontrar una energía que garantice un mayor cuidado del medioambiente

Que la energía eólica no genere CO<sub>2</sub> es un aspecto importante en un mundo donde el 76% de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los que el CO<sub>2</sub> es protagonista indiscutible, proceden de la energía. Este dato, el último publicado por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, se complementa con otros dos que WWF España observó en 2012: que el 23,5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> se generan durante la quema de los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) y que el 21,7% de las emisiones se debe al transporte por carretera vinculado a la generación de energía. Con estos datos, es fácil

suponer que las energías cuyo combustible no se queman ni necesitan ser transportados, como las energías eólica, fotovoltaica o hidroeléctrica, contaminarán menos.

**La no generación de CO<sub>2</sub> es uno de los puntos fuertes de la energía eólica para el medioambiente, y más aún desde el último examen de cumplimientos del Protocolo de Kioto, de 2012, que reveló que España no está haciendo los deberes. Según el tratado, en 2012 España podía permitirse emitir hasta un 15% más de CO<sub>2</sub> que en 1990, fecha que se toma como referencia para establecer los valores estándar,**



**LA ENERGÍA EÓLICA Y EL CO<sub>2</sub>, EN CIFRAS**

**23,5%**

de las emisiones de CO<sub>2</sub> se generan en la quema de combustibles fósiles (WWF España)

**21,7%**

de las emisiones provienen del transporte por carretera (WWF España)

**22,8%**

aumentaron las emisiones de CO<sub>2</sub> en España entre 1990 y 2012 cuando el límite era 15% (PICC)

**22**

millones de toneladas de CO<sub>2</sub> se evitaron en 2013 gracias a la energía eólica (AEE)

**9,1%**

de la energía mundial fue renovable en 2014 (PICC)



**La combinación de eólica y fotovoltaica** podría ser la vía para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. ELISA GRANADO

pero emitió un 22,8% más; el incremento más alto de la UE tras Malta (56,5%) y Chipre (40,3%). La media de los 28 no solo no subió, sino que bajó un 19,1% durante el periodo examinado.

El CO<sub>2</sub> es el causante principal del efecto invernadero, que, entre otras consecuencias, calienta la capa terrestre y extiende la desertificación.

**El aumento de la generación de energía a través de fuentes renovables con baja emisión en CO<sub>2</sub>, como la eólica o la fotovoltaica, es una prioridad para los organismos mundiales y supranacionales encargados de velar por el medioambiente. El último informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente defendía que en 2014 se ahorraron 1,3 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> gracias a las energías renovables, que produjeron**

**En 2014 se ahorraron 1,3 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> gracias a las renovables**

entonces el 9,1% de la energía demandada en todo el mundo. En el caso de España, la Asociación Empresarial Eólica (AEE) sostiene que la eólica evitó en 2013 la emisión de 22 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Otro aspecto importante de la energía eólica, a medio camino entre lo medioambiental y lo social, es la distribución de los parques eólicos. En España, los 1.077 parques eólicos actuales están en los alrededores de unos 800 municipios. Para Luis Polo, director general de la Asociación Empresarial Eólica (AEE), la patronal del sector, la energía eólica tiene un «factor dinamizador de las comunidades rurales, no está solo en Madrid o en Barcelona».

El dinamismo de la eólica puede venir de muy diversas formas, como es el caso del pueblo de Falces, en Navarra, Premio Eolo 2015 a la integración rural de la eólica. Los tres parques eólicos de la zona, Mocayuelo, Vedadillo y Área experimenta del Vedadillo, todos de Acciona, generan energía para el propio pueblo, ingresos para las arcas municipales en forma de canon por el uso de los terrenos y una veintena de puestos de trabajo que son ocupados por vecinos del municipio.

## Radiografía del sector

### De industria puntera a la moratoria

# Viento a favor y viento en contra

Cómo se pasó del apoyo de una industria puntera a su paralización sigue siendo hoy motivo de debate. El sector lo tiene claro

El sector eólico español tiene su origen en la mitad de los años 80, cuando se pusieron en práctica los estudios desarrollados décadas atrás. En los 60, algunos científicos españoles fueron espolcados por las autoridades para buscar alternativas al petróleo, fuentes de energía que fueran autóctonas, en línea con la autarquía de entonces. Y se encontraron. Aunque el agua venció al viento, como demuestran las sucesivas inauguraciones de presas, algunos sectores entendieron las posibilidades energéticas de los aerogeneradores. A comienzos de los 80 aparecieron prototipos de molinos rudimentarios con capacidad para generar entre 5 y 10 kW, energía suficiente para hacer funcionar un

**El primer parque unido a la red se construyó en 1984, en Girona**

ordenador actual de forma continuada durante 10 días. En 1984 se construyó el primer parque eólico conectado a la red, situado en Garriguella, Girona, con una capacidad de 120 kW gracias a sus cinco molinos de 24 kW. Después vendrían otros tantos parques en las zonas más ventosas de la Península, como Tarifa o Estaca de Bares.

El sector evolucionó rápidamente gracias al entendimiento público-privado y a finales de los 90 ya se podía hablar de una industria casi consolidada. Surgían nuevos parques, como el del Perdón, en Navarra, cuyos 40 generadores de 500 kW multiplicaban por 21 la capacidad de generación de los primeros modelos; el sector desarrollaba en España todas las fases del proceso, desde la investigación hasta la ingeniería, el montaje o el mantenimiento de los parques. Y el gobierno acompañaba: en 1994 se introdujeron las primas a la eólica por



MWh producido; en 1999 se firmó el Plan de Fomento de Energías Renovables, con medidas de apoyo a la energía verde; y, finalmente, en 2004, se introdujo una nueva prima para las renovables que se sumaba al precio de venta del mercado.

**Las primas a las renovables, que engloban a la eólica o la solar fotovoltaica, entre otras, se consideraron entonces una ayuda a las renovables para que resultaran competitivas en un mercado copado por el carbón, el petróleo, el gas natural, las centrales nucleares y las grandes presas hidráulicas heredadas de la dictadura. El sistema de primas es usado también por Alemania, primer productor de eólica europeo, Francia o Portugal.**

Para Cristóbal Gallego Castillo, doctor en Ingeniería Aeronáutica y miembro del Observatorio Crítico de la Energía, el objetivo de las primas es que «aceleren la evolución tecnológica de las renovables, algo que, si no se contara con esas ayudas, duraría décadas».

La normativa de la época también justificaba las primas a las renovables por sus benefi-



**Entre 2012 y 2014**  
las ayudas se han  
reducido en un 96%,  
calcula el sector.

IÑAKI ESCUBI

## Líder mundial en litigios

**España es el país que más litigios tiene en activo por su política cambiante de energías renovables. De los 68 procedimientos abiertos que enfrentan a empresas relacionadas con la energía contra países en el todo mundo, 16 tienen por objetivo a España; el siguiente país con más denuncias es República Checa, con siete. Todas las denuncias tienen el mismo asunto: cambios legales que afectan al sector de las energías renovables. El primer caso español se abrió en noviembre de 2011; el último es del 8 de mayo de 2015.**

cios a la sociedad y al entorno en términos de eficiencia energética, reducción del consumo y protección del medioambiente. Argumentos que se mantienen hoy en día.

La década 2000-2010 fue una época de consolidación del sector eólico en España, que pasó de 2.365 MW instalados en 2000, a 20.676

MW en 2010. De generar en 2000 el 2% de la energía demandada, a producir en 2009 el 16%. Sin embargo, la complicidad público-privada y las normativas prorrenovables empezaron a desdibujarse poco a poco a partir de 2007. En 2010 la falta de entendimiento entre el gobierno y las renovables era imposible de disimular.

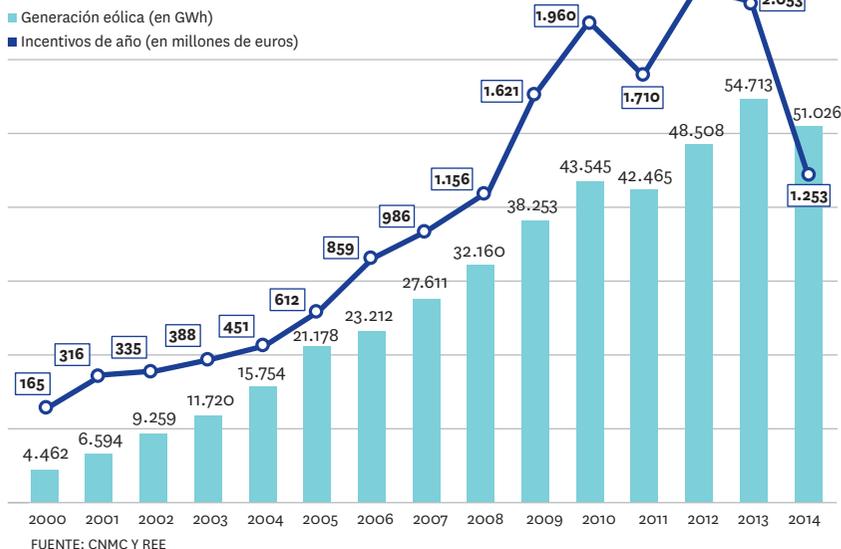
**Javier García Brea, presidente de la Fundación Renovables,** explica el cambio de actitud del Gobierno. «En los años 2004 y 2005, cuando las tecnologías renovables empezaban a madurar, nadie creía que iban a crecer tan rápidamente. Pero en 2010 España se convierte en un país líder. Esto hace que a partir de ese momento, las renovables empiecen a competir con las energías tradicionales, como el carbón, el gas, la gran hidráulica y la nuclear, que se sienten amenazadas». Es entonces cuando el Gobierno desarrolla una serie de medidas para «sostener los ingresos del sistema convencional».

Dos de estas medidas llegaron antes de 2010. En 2007 se introduce un techo y un suelo para las ayudas a las renovables: la >>>

# Radiografía del sector

## De industria puntera a la moratoria

### EVOLUCIÓN DE LOS INCENTIVOS A LA EÓLICA Y LA GENERACIÓN



>>> nueva norma establece que solo se incentivarán hasta lograr una «rentabilidad razonable», según expresa el gobierno en la ley; superada esta rentabilidad, ciertas ayudas desaparecerán. La otra medida, publicada en 2009, introduce, por primera vez, cupos a las renovables y establece la obligación de inscribir los proyectos de instalaciones renovables en un registro de preasignación. Este trámite marcará qué ayudas pueden percibir los proyectos. No inscribirse en este registro impedía cobrar cualquier ayuda, sólo el precio normal de mercado.

Estas medidas redujeron el ritmo de instalación a partir de 2009. Si en este año se habían instalado 2.455 MW nuevos, en 2010 se crearon 1.487 MW, y en 2011, 1.048 MW. Además, las restricciones del gobierno a la eólica fueron acompañadas de medidas retroactivas para la fotovoltaica que afectaban a instalaciones aprobadas con anterioridad. El cambio de actitud del gobierno merecieron incluso un toque de atención del comisario europeo de Energía, Günther Oettinger, que señaló que la nueva política iba «contra la seguridad jurídica imprescindible

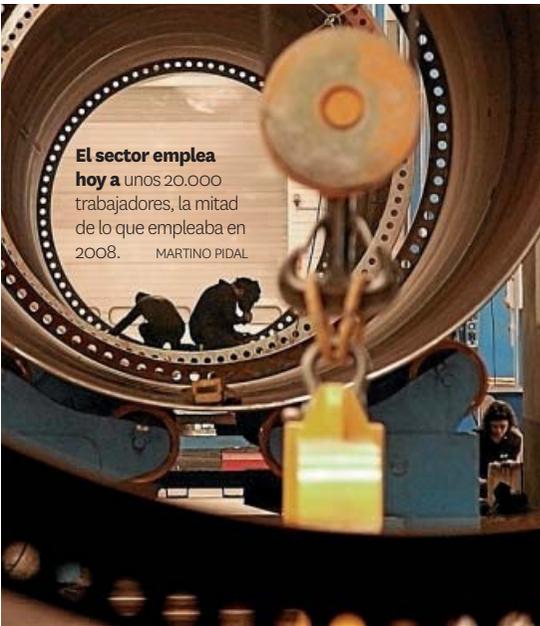
que necesitan las empresas para invertir». Este aviso no fue el primero de la Comisión Europea, aunque sí el más sonado por venir del alto mandatario de la energía continental, y tampoco sería el último. Desde 2011 se sucederían más quejas, motivadas por la diferencia de pareceres entre la política

**Entre 2013 y 2014 se publicaron más de 2.000 folios en medidas**

energética europea, que conducía hacia la promoción de las fuentes de energías renovables, y la política energética española, que parecía desviarse de estos objetivos con sus medidas paralizantes.

El año 2012 se inició con una norma que suspendía los incentivos a las instalaciones no inscritas en el registro de preasignación, medida retroactiva que supuso de facto una moratoria, la paralización del sector: si el proyecto no pasaba por el registro, no recibiría ayudas. Al final de año, el gobierno volvió con una medida recaudatoria para reducir el déficit de tarifa: un impuesto del 7% para todas las tecnologías.





**El sector emplea hoy a unos 20.000 trabajadores, la mitad de lo que empleaba en 2008.** MARTINO PIDAL

Entre 2013 y 2014 se publicaron más de 2.000 folios de medidas que daban al traste con parte del marco regulatorio de la década pasada. Se eliminaron retribuciones y las que continuaron cambiaron su forma de evaluación otra vez, de tal modo que los inversores en energías renovables vieron cómo sus expectativas de ingresos volvían a ser modificadas. Y no sería la única, pues el nuevo marco fijaba una reevaluación de las retribuciones cada 3 y 6 años. La inseguridad jurídica de los últimos años quedaba ahora garantizada por ley.

El sector calcula que entre 2012 y 2014 se ha eliminado el 96% de la financiación a renovables, y algunas voces dudan de que esta situación pueda cambiar. García Brea, presidente de la Fundación Renovables y ex director general del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) se declara «un poco escéptico frente a la recuperación, en el sentido en que el modelo de renovables español ha tardado más de 30 años en constituirse y casi se ha eliminado en los últimos dos o tres. Recuperar el liderazgo en renovables va a costar mucho, España se está quedando atrás».



**Javier García Brea**  
Fundación  
Renovables

## «La política energética sigue intereses políticos»

Javier García Brea fue director general del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía entre 2004 y 2005, e impulsor del Plan de Energías Renovables 2005-2010, entre otros.

**¿Por qué parece que mientras Europa sigue hacia la eólica y la solar, en España seguimos mirando hacia la nuclear y el carbón?**

Porque España está gobernada por la política energética, una mentalidad antigua y obsoleta. En Europa se apuesta por las renovables y en España se apuesta por el *fracking*, el gas y el carbón. Europa apuesta por la descarbonización [reducción de la emisión de gases de efecto invernadero] y España hace precisamente lo contrario. La política energética sigue intereses políticos, no energéticos.

**¿Cree que España cumplirá con sus objetivos 20/20/20, entre los que se incluye que el 20% de la energía consumida venga de fuentes renovables?**

Todos los ratios han mejorado, pero se debe más a la reducción del consumo de energía por la crisis que a la eficiencia energética. ¿Esto seguirá así? Yo espero que la economía se restablezca, y con una economía mejor España va a necesitar muchos esfuerzos para reducir su CO<sub>2</sub>. Y aquí es donde entra la eficiencia energética.

**¿Cree que se está apoyando a la eficiencia energética para lograr estos objetivos?**

No. Ahorrar energía supone reducir la facturación de las eléctricas y por eso no se apoya la eficiencia energética. Se evita incentivar el ahorro porque las compañías cobrarían menos. Volvemos a los intereses políticos sobre los energéticos.

## Radiografía del sector

### La eólica en el recibo de la luz



Los meses ventosos coinciden con la bajada del precio de la luz.

GTRES

## El precio de la luz lo baja el viento

Cuando la eólica oferta más energía en el *pool* eléctrico, los precios bajan, y eso lo nota el consumidor. En 2014 el ahorro fue del 31%

El precio de la luz en España es la suma de tres elementos: los costes regulados (54%), el coste de generación (25%) y los impuestos (21%). De estos tres elementos, la energía eólica puede influir en dos: en los costes regulados, pues aquí se incluyen las primas a las renovables, y en el coste de la generación, donde la eólica baja el precio.

En el capítulo de costes, las primas a la energía eólica suponen el 4% del total de la factura. El capítulo del abaratamiento de la energía es más complejo. Aquí entra en juego el mercado eléctrico, el denominado *pool*, el espacio donde los productores de

energía (carbón, nuclear, gran hidroeléctrica, fotovoltaica, eólica...) ofrecen su electricidad para que los grandes comercializadores, las compañías que cobran las facturas a final de mes, la compren. «El coste de la energía es secreto, y el mercado se rige por el coste de oportunidad», explica Cristóbal Gallego Castillo, doctor en Ingeniería Aeronáutica y miembro del Observatorio Crítico de la Energía. «Los productores de energía tienen que ofertar el precio más bajo para ser comprados, y los que ofrecen los precios más bajos son las renovables, que como no pueden almacenar la energía, como sí pueden hacer

## 2,5€

por kWh es lo que ahorran los españoles cada mes gracias a la energía procedente del viento

las grandes presas hidroeléctricas, tienen que vender la energía como sea, de ahí que lo hagan a precio 0», concluye. Por su parte, la Asociación Empresarial Eólica, AEE, explica que la razón de vender a bajo precio se debe a que el viento,

como combustible de la eólica, es gratuito. Por eso, cuando sopla el viento, hay más eólica disponible en el *pool* y los precios bajan.

### El abaratamiento de la energía se puede

comprobar si se toman los datos del pasado 2014 y se divide el año en dos semestres, siendo el primero de ellos ventoso. La energía eólica, primera fuente de generación en esos primeros seis meses, produjo 28.700 GWh, según REE. El precio medio del *pool* fue de 33,06 euros/MHh. Durante los seis meses que fueron menos ventosos se produjeron 21.700 GWh, y el carbón asumió la mayor parte de la producción. El precio medio del *pool* fue de 51,02 euros/MWh, un 54% más caro que cuando la eólica fue la primera tecnología generadora.

En términos generales, se calcula que la eólica abarató el precio de la factura durante 2014 en un 31%, y redujo el precio de la factura en los hogares en 2,5 euros mensuales por kWh consumido. Para Gallego Castillo, miembro del Observatorio Crítico de la Energía, «el coste de las primas a las renovables compensa porque hacen que la energía sea más barata».



## ILUMINANDO EL FUTURO

ACCIONA Energía es una empresa única en energías renovables. Con 20 años de experiencia en el sector y presencia global, sólo nosotros trabajamos en todas las fases de la cadena de valor. Desde el desarrollo de proyectos a la venta de energía, pasando por la fabricación de aerogeneradores. Y generando siempre energía 100% limpia.

Renovables, una manera diferente de encender la luz.

