

**ENERGÍAS ALTERNATIVAS  
EN ARGENTINA**

**ENERGÍA EÓLICA:  
EL FUTURO YA LLEGÓ**

**Julio de 2011**

## Indice

1. Introducción
  - 1.1. Qué es el efecto invernadero
2. Qué son las energías de fuentes renovables
3. Energía eólica, la de mayor crecimiento
  - 3.1. Un poco de historia
  - 3.2. Cómo se genera a partir de los vientos
  - 3.3. Condiciones necesarias para la generación eólica
4. Proyectos eólicos en Argentina
  - 4.1. El primer parque eólico del país
  - 4.2. Otros proyectos en Argentina
5. Conclusiones

## 1. Introducción

Por las diferentes tecnologías que se encuentran disponibles, actualmente, en el mundo moderno, casi todos los países desarrollados asumen que la energía eléctrica es un servicio esencial para la vida actual. Para la casa, para la industria, para el transporte, para la medicina o la educación, en fin, para muchas actividades se ha vuelto imprescindible contar con energía eléctrica. De hecho, Argentina ha incrementado su consumo más del 40 por ciento en los últimos ocho años. Este fenómeno tiene como correlato la necesidad de incrementar, también, la producción de energía y, por ende, la cantidad de centrales eléctricas. Pero, al igual que parte de las industrias, hay muchas usinas que, en sus procesos y debido a su tecnología, liberan gases conocidos como “gases de efecto invernadero”. Esas centrales son las que utilizan combustibles fósiles para transformar la energía calórica en energía eléctrica.

Aproximadamente, el 55 por ciento de la energía eléctrica que se consume en todo el mundo proviene de centrales que utilizan gas o petróleo para funcionar, otro 20 por ciento proviene de otras que utilizan el carbón; y un 11 por ciento es aportado por centrales que queman madera u otros elementos de biomasa tradicional. Esto deja solo un 17 por ciento de generación no contaminante, que se reparte con energía proveniente de centrales de origen nuclear, de represas hidroeléctricas o de usinas que utilizan fuentes renovables.

En Argentina, durante el 2010, la generación eléctrica, por tipo de fuente, estuvo dividida de la siguiente manera: un 56,8 por ciento del consumo estuvo aportado por usinas térmicas, un 34,9 por ciento por represas hidroeléctricas, y un 6,1 por ciento fue generado en centrales nucleares. El restante 2,2 por ciento pertenece a importación.

Estos números, demuestran que sería deseable diversificar la matriz eléctrica para no depender tanto de una única fuente, como por ejemplo el gas, y, a la vez, hacer crecer las opciones de energías limpias, para no incrementar la emisión de gases de efecto invernadero.

En Argentina, durante el 2010, un 56,8 por ciento del consumo eléctrico estuvo aportado por usinas térmicas; un 34,9 por ciento por hidroeléctricas; un 6,1 por ciento fue generado en centrales nucleares y el restante 2,2 por ciento por importación.

### 1.1. Qué es el efecto invernadero

El efecto invernadero es el sobrecalentamiento de la superficie terrestre debido a la creciente cantidad de energía solar que queda atrapada por la atmósfera, a causa de determinados gases y cuya presencia y proporción han sido modificadas por la actividad humana. Según la Organización Meteorológica Mundial, la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico se ha incrementado un 38 por ciento desde la época preindustrial (año 1.750) desde un valor de 280 ppm a 379 ppm en 2005. Actualmente, aclara en el último boletín, a un ritmo del 1,88 por ciento anual.

Los gases de efecto invernadero más importantes son el CO<sub>2</sub>, el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de

nitrógeno (NOx), los clorofluorocarbonos (CFC), el dióxido de azufre (SO2) y el hexafluoruro de azufre (SF6). Los combustibles fósiles (carbón, gas natural, gas oil y fuel oil, entre otros), además de CO2, producen una amplia serie de contaminantes tóxicos. Entre ellos, el SO2 y el NOx, que son los principales responsables de la lluvia ácida y provienen, en su mayor parte, de la combustión en centrales térmicas y de las refinerías.

En este sentido, los especialistas consideran que más del 40 por ciento de las emisiones de NOx proceden del quemado de combustibles fósiles. Y destacan que sólo con la sustitución limpia de las centrales térmicas de combustibles fósiles se obtendría una reducción de estas emisiones a una quinta parte de lo que es actualmente. Asimismo, permitiría reducir las emisiones de SO2, causante de la lluvia ácida, a la mitad.

Estas estadísticas son la base fundamental que dieron paso al desarrollo masivo de generadores eléctricos que utilizan recursos renovables.

**Los especialistas consideran que más del 40% de las emisiones de NOx proceden del quemado de combustibles fósiles.**

## 2. Qué son las energías de fuentes renovables

Fuente renovable se le llama a aquél recurso que existe en el planeta de manera inagotable y que tienen la capacidad de renovarse por sí sola en forma natural.

La energía hidroeléctrica es la forma de energía limpia y renovable más extendida en el mundo y, aquí, en Argentina, el 35 por ciento de la capacidad instalada eléctrica corresponde a represas de distinto tipo y tamaño que están diseminadas por todo el país.

Sin embargo, existen un puñado de nuevos tipos de centrales, conocidas como energías alternativas, que si bien se vienen desarrollando hace varios años, han experimentado un gran crecimiento en los últimos cinco años: la energía eólica, encabeza esa lista, pero también participan la energía solar, la geotérmica y la mareomotriz. Además, también está la que utiliza como fuente a la biomasa no tradicional.

**Fuente renovable se le llama a aquél recurso que existe en el planeta de manera inagotable y que tienen la capacidad de renovarse por sí solo en forma natural.**

## 3. Energía eólica, la de mayor crecimiento

La energía eólica es una de las opciones renovables de mayor crecimiento en los últimos cinco años. Del último informe de la World Wind Energy Association (WWEA), correspondiente a todo el 2010, se desprende que el conjunto de turbinas eólicas instaladas

en todo el mundo produjeron en este último año unos 430 TWh, lo que equivale al 2,5% del consumo de energía eléctrica global. Pero lo más destacado, es que, en los últimos cinco años, la potencia instalada se triplicó: a fines del 2010, había en total 196.630 MW de potencia instalada eólica, frente a casi 59.024 MW de 2005. No obstante, se espera que para fines de este año se alcance un tope de 240.000 MW de potencia eólica, cuatro veces más que en 2005.

### 3.1. Un poco de historia

Por más que los aerogeneradores que se ven hoy parezcan devenidos únicamente de la modernidad tecnológica actual, la energía de fuente eólica es aprovechada desde tiempos inmemoriales.

Según distintos documentos de la antigüedad, los primeros molinos impulsados por el viento surgieron en el marco de las culturas orientales: en Mongolia, Persia y China, en el siglo II a.c. utilizaban ruedas de oración con el objetivo de producir sonidos rituales. Inclusive, se señala que Persia, por su enorme potencial de vientos, fue el lugar donde se desarrollaron los mayores conocimientos en la materia.

Sin embargo, la primera máquina técnicamente capaz de cumplir la función de los molinos actuales corresponde a la época de la escuela de Alejandría, donde Herón creó un sistema neumático que giraba, conocido como el Auneriom.

Luego, 700 años después, se encontró un nuevo avance: en el siglo IX, en Oriente, los hermanos Banu Musa citan a los molinos en el Libro de Ingenios Mecánicos. Cabe destacar que, en estos años, los molinos eran utilizados para bombear agua y moler granos para hacer harinas.

A los fines eléctricos, se empezaron a utilizar, comercialmente, recién en 1980. Y, hoy, la tecnología de punta permite instalarlos en montañas, en predios llanos y hasta en medio del agua: los llamados parques eólicos off shore suman 1.300 MW de potencia en seis países del mundo: Dinamarca, Escocia, Inglaterra, Holanda, Irlanda y Suecia.

**En los últimos cinco años, la potencia instalada de usinas eólicas en todo el mundo se triplicó: a fines del 2010, había en total 196.630 MW.**

### 3.2. Cómo se genera a partir de los vientos

Todos tuvimos, alguna vez, un molinillo de viento en las manos. La explicación de cómo giran sus aspas parece simple: bajo determinado diseño y orientación, el viento mueve fácilmente las aspas del molinillo. Esta es la herramienta para generar energía eléctrica: el molino.

Un molino es una máquina posee aspas o palas unidas a un eje común, que comienzan a girar cuando el viento las atraviesa, es decir, la energía cinética del viento se transforma en energía mecánica de las aspas. Con este movimiento, y de acuerdo al tipo de molino, se puede moler grano, bombear agua o producir electricidad.

Para obtener electricidad, el movimiento de las aspas acciona un generador eléctrico (un [alternador](#) o una [dínamo](#)) que convierte la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica. La electricidad puede almacenarse en baterías o ser entregada directamente a la red. El funcionamiento es bastante simple, y lo que se va complejizando es la construcción de aerogeneradores que sean cada vez más eficientes. Hoy en día, existen aerogeneradores capaces de generar hasta 5 MW, un número significativo para esta industria. Para hacer una comparación, el tope de energía que puede recibir un hogar que tiene un medidor común (monofásico), es de 10 kW, por tanto, con un solo molino de 5 MW podría abastecerse, como mínimo, a 500 casas.

No obstante, cuando, en un mismo sitio, se agrupan varios aerogeneradores, se conforma lo que se conoce como parque eólico.

Para obtener electricidad, el movimiento de las aspas acciona un generador eléctrico (un [alternador](#) o una [dínamo](#)) que convierte la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.

### 3.3. Condiciones necesarias para la generación eólica

Para que las aspas de la turbina tengan la rotación suficiente como para generar energía, hay una velocidad mínima necesaria que deben tener los vientos, y a medida que esa velocidad aumenta, también aumenta exponencialmente la capacidad de generación. Si bien hoy la tecnología permite un amplio espectro de velocidad de vientos, los mejores vientos son los que registran velocidades superiores a 8 metros por segundo.

Otro factor importante es la constancia de los vientos a lo largo del día, de las temporadas y del año, característica que, también, favorece a los vientos argentinos.

Ambas características, velocidad y constancia de vientos, se verifican ampliamente en Argentina; por eso, el país tiene buenas condiciones para desarrollar esta energía. En la región patagónica, la dirección, constancia y velocidad del viento son tres variables que presentan un máximo en forma casi simultánea, conformando una de las regiones de mayor potencial eólico del planeta.

Pero, además de la Patagonia, Argentina cuenta con muy buena calidad de recurso eólico en diferentes regiones del país. La costa sur de la provincia de Buenos Aires tiene una calidad de viento comparable con las mejores regiones del norte de Europa.

Pero, además de contar con abundante recurso eólico, en muchas zonas, se verifican vientos de manera constante. Por ejemplo, mientras en Europa se considera alto un nivel de vientos que permita un factor de utilización del aerogenerador del 22 por ciento. Esto quiere decir que del total de horas al año, el molino generará un 22 por ciento de esas horas. En la Patagonia, en cambio, llega a registrarse un 45 por ciento de factor de utilización.

Por otro lado, Argentina tiene empresas capaces de desarrollar la tecnología y de fabricar equipos, es decir que es capaz de completar el círculo virtuoso de la energía eólica que está compuesto no sólo por la generación de energía eléctrica limpia y renovable, sino por la creación de empleo en tecnología. En este sentido IMPSA es una importante desarrolladora de esta tecnología, y trabaja tanto para emprendimientos locales como para proyectos internacionales.

Sin embargo, no sólo la Patagonia argentina cuenta con vientos propicios para la instalación de centrales eléctricas que aprovechen esos recursos. El centro del país y la zona precordillerana también se anotan en la lista de lugares aptos. Y tanto es así, que el primer parque eólico que se interconectó al sistema eléctrico nacional no es un parque de la Patagonia, sino uno de La Rioja.

**Argentina cuenta con muy buena calidad de recurso eólico en diferentes regiones del país, y no sólo en la Patagonia.**

## **4. Proyectos eólicos en Argentina**

### **4.1. El primer parque eólico del país**

El 20 de mayo pasado se inauguró el Parque Eólico Arauco, el complejo de generación eléctrica eólica más grande del país y el primero en estar interconectado a la red de Transporte eléctrico en Extra Alta Tensión.

El parque fue desarrollado e instalado por la empresa IMPSA, con aporte de Capital de ENARSA y del Gobierno de La Rioja. En esta primera etapa, cuenta con 12 aerogeneradores de 2,1 MW cada uno. Tras seis meses de ensayos y generación a prueba, desde junio, el parque aporta un total de 25,2 MW a la red de energía eléctrica nacional, y, aunque sea bajo

respecto de otras energías, es el 20 por ciento del consumo de toda La Rioja.

No obstante, el parque Arauco tiene previsto duplicar su capacidad de generación para mediados de 2012, llegando a 50 MW.

Los aerogeneradores son de 2,1 MW cada uno y fueron diseñados y fabricados en las instalaciones que IMPSA tiene en Mendoza e incluyen la torre, el generador, el convertidor de frecuencia, las palas y los controles electrónicos. Cada aerogenerador tiene un rotor de 83 metros de diámetro y palas de 38,8 metros de largo. Las torres de acero alcanzan una altura de 85 metros, comparable a un edificio de más de 30 pisos.

Se trata de una obra de ingeniería inédita en el país y con tecnología de punta a nivel mundial. La producción estimada por cada aerogenerador representa un ahorro aproximado de 7.000 toneladas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) por año.

En el proyecto están asociados la empresa estatal de energía ENARSA, que aportó el 25 por ciento de los 245 millones de pesos que implicó, y el Estado Provincial de La Rioja, que aportó el resto.

Lo más significativo, sin embargo, es que la concreción y puesta en marcha de este proyecto, está alentando otras inversiones en varios puntos del país.

## 4.2. Otros proyectos en Argentina

Río Negro: Rawson I y II. También existen otros proyectos eólicos que ilusionan. El principal es el que se está construyendo en el sur: Rawson I y Rawson II, que sumarán 80 MW. En este caso, la empresa Vestas es la proveedora de los molinos y Emgasud la constructora.

Ubicadas en una amplia franja de terreno sobre la ruta provincial 1, en cercanías de la ciudad de Rawson (Provincia del Chubut), las granjas eólicas se encuentran en plena etapa de construcción, previéndose la puesta en marcha de Rawson I para fines del 2011 y Rawson II para comienzos de 2012.

Según el diseño original, el Parque Eólico de Rawson estará equipado con 43 aerogeneradores Vestas, modelo V 90, de 1,8 MW, y su producción se volcará al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) a través de una nueva línea de 132 kV, hasta el nodo ET Rawson.

En todo su desarrollo, el proyecto demandará una inversión de U\$S 144 millones.

**Chubut: Vientos de la Patagonia I.** La sociedad creada en el mes de julio de 2006 entre Enarsa (80%) y el Gobierno de la Provincia del Chubut (20%), tiene por objeto llevar a cabo el diseño, construcción, puesta en marcha, operación, desarrollo y mantenimiento del primer parque eólico argentino de gran potencia que se espera conectar a la red nacional, ubicado en las proximidades de la ciudad de Comodoro Rivadavia.



Con una potencia instalada prevista del orden de 60 MW, y aerogeneradores fabricados con un piso de 80% de producción nacional, el proyecto de este parque generador de energía eólica es un paso de gran relevancia para el cumplimiento del Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica que el gobierno nacional de la República Argentina ha diseñado, en su decisión de promover el uso de energías limpias, renovables y no contaminantes.

Uno de los dos prototipos (de 1,5 MW cada uno) previstos en el plan original se encuentra construido e instalado y se está llevando a cabo la construcción de la vinculación del mismo con la línea de transmisión, mientras que el segundo se encuentra construido en un 80%.

**Neuquén: Parque Eólico Auquinco.** El [Ente Provincial de Energía del Neuquén](#) (EPEN) avanza en el proyecto de instalación de generadores que conformarían inicialmente el futuro “Parque Eólico Auquinco” en el Norte de la provincia, con una potencia instalada de entre 40 y 56 MW. La zona detectada para erigir el proyecto es en [Auquinco](#), cercana al [volcán Tromen](#), donde el viento sopla a 9 metros por segundo con una frecuencia suficiente como para pensar en la instalación de unos 28 molinos. Además, hasta antes del accidente de Fukushima, estaba en los planes avanzar sobre un cuarto reactor, con posibilidades de que fuera una tercera máquina para Atucha. Sin embargo, el temor que se reinstaló tras lo ocurrido en Japón podría desviar esas inversiones hacia otros proyectos alternativos, como las plantas eléctricas de fuentes renovables.

El 20 de mayo pasado, se inauguró el Parque Eólico Arauco, el complejo de generación eléctrica eólica más grande del país y el primero en estar interconectado al SADI.

## 5. Conclusiones

Las mediciones técnicas sobre las características de los vientos en Argentina han deslumbrado a los especialistas: en algunas regiones, Argentina duplica el factor de utilización mínima aceptada en Europa para poner en marcha un parque eólico.

A eso, se suman las grandes extensiones de territorio disponibles para instalar los molinos.

Por otro lado, si se compara la evolución de la demanda eléctrica nacional y a la potencia instalada actual puede notarse la necesidad de acompañar ese crecimiento casi constante con nueva oferta.

Por último, también está la necesidad de que esa nueva generación provenga de usinas que no dependan de combustibles fósiles, como el gas, el fuel oil o el carbón. Primero, por la escasez de esos combustibles y, en segundo lugar, por la necesidad de no incrementar la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

Dada la necesidad, por un lado, y la disponibilidad técnica, por el otro, sería razonable que la alternativa eólica empezara a tomar un protagonismo destacable en la matriz eléctrica argentina. Más aun teniendo en cuenta que, en otros países, se llega a contar con una potencia instalada eólica mayor al total del consumo local. Ante esto, es posible pensar que Argentina pudiera contar con una disponibilidad de generación eólica de, al menos, un 30 por ciento de su consumo total. Eso implicaría tener, como mínimo, 6.000 MW eólicos. ¿Puede ser esto posible en el mediano plazo?

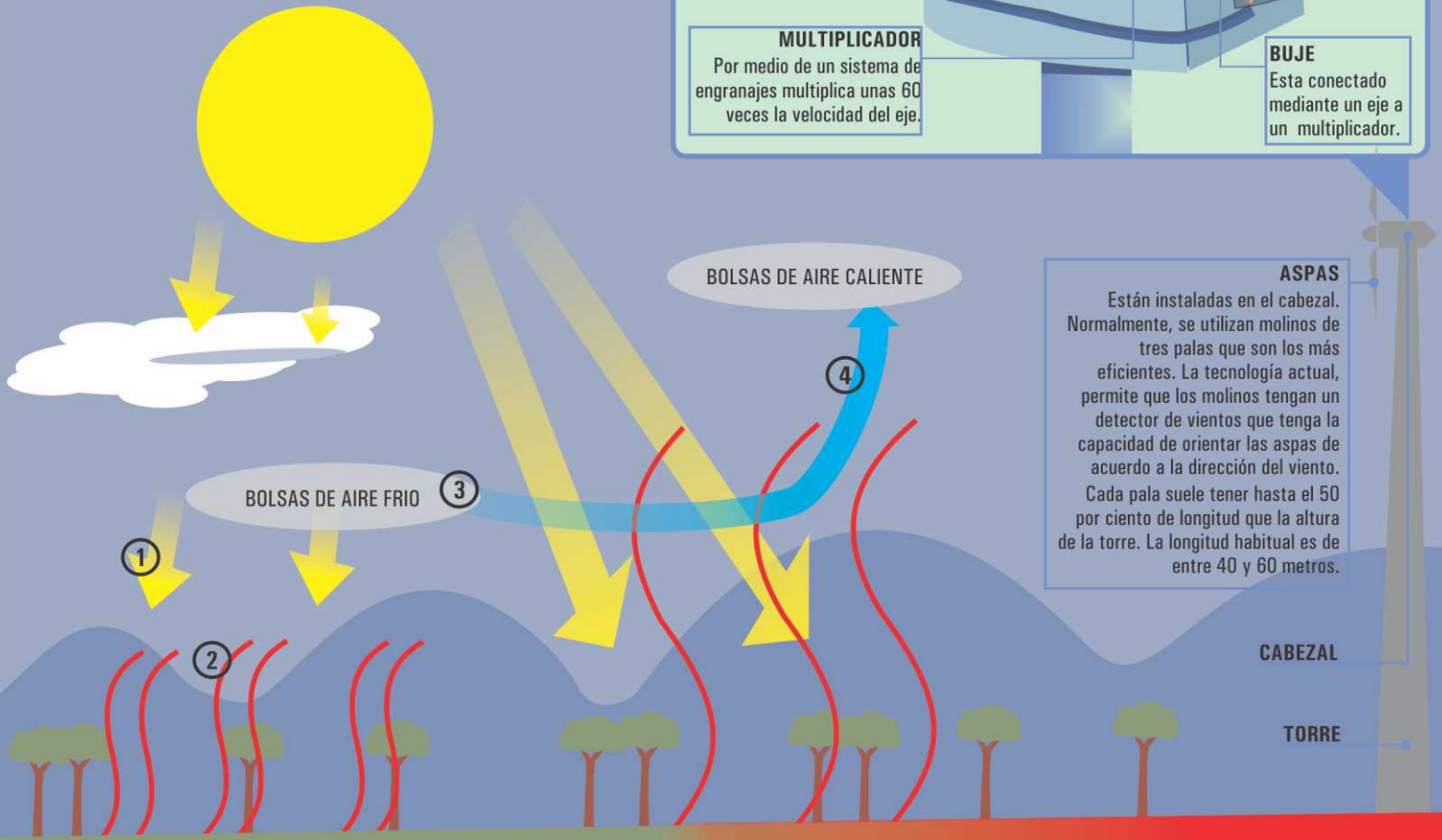
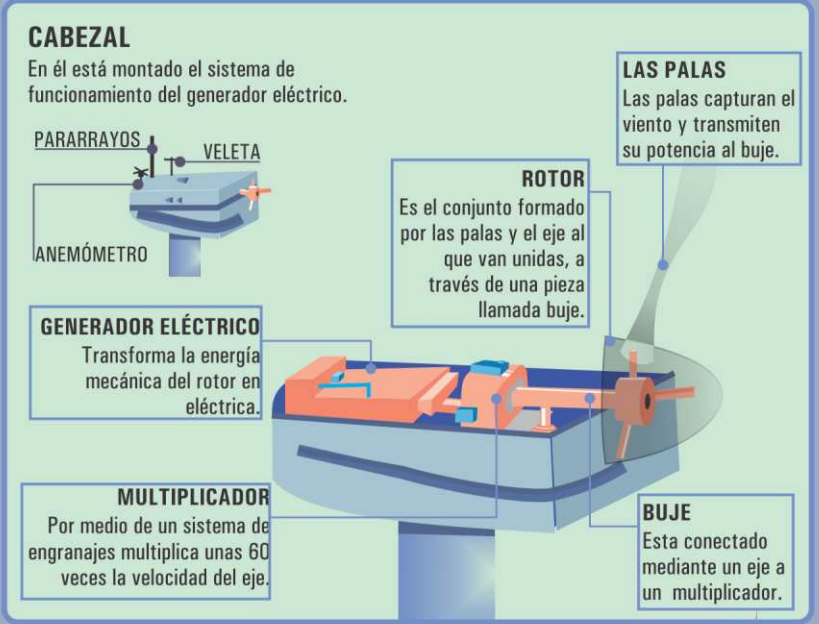
Técnicamente, sí. El único inconveniente es lograr que los inversores, sean públicos o privados, tomen la decisión de invertir. Y eso será posible cuando las tarifas eléctricas mayoristas estén más cercas del costo real que tienen un MWh de fuente renovable.

# ENERGÍA EÓLICA

## CÓMO FUNCIONA UN AEROGENERADOR

En generación eléctrica, se le llama así a la energía que se produce aprovechando la fuerza de los vientos.

Los vientos se producen por la acción del calor y la radiación del sol, que modifica la temperatura de la superficie terrestre, creando bloques de aire ascendente de diferente presión. Es, justamente, la diferencia de presión la que hace que el aire se desplace a mayor o menor velocidad, lo que se conoce como viento.



- 1 La atmósfera de la Tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores: nubosidad, orografía.
- 2 Por efecto de la radiación solar, el aire se dilata y asciende, formando bolsas de aire.

- 3 En las zonas con menos radiación el aire asciende menos y se concentra en bolsas sometidas a altas presiones, mientras que el aire caliente queda sometido a bajas presiones en bolsas mas altas. Así se generan los vientos.

- 4 **AEROGENERADOR**  
Para aprovechar la energía cinética de los vientos y transformarla en energía eléctrica, se utilizan unos molinos eólicos. Los molinos constan de tres partes: la torre de sostén, las aspas y el cabezal.

**ZONA DE MAYOR IMPACTO SOLAR**  
En las zonas con mayor impacto solar el aire se calienta más.

## PARQUES EÓLICOS

Normalmente los molinos se instalan agrupados y alineados estratégicamente para una mayor eficiencia en el aprovechamiento

de los vientos, conformando lo que se conoce como parques eólicos. Pueden ser on shore, sobre la superficie terrestre, u off shore, es decir, en el mar, frente a las costas.

