



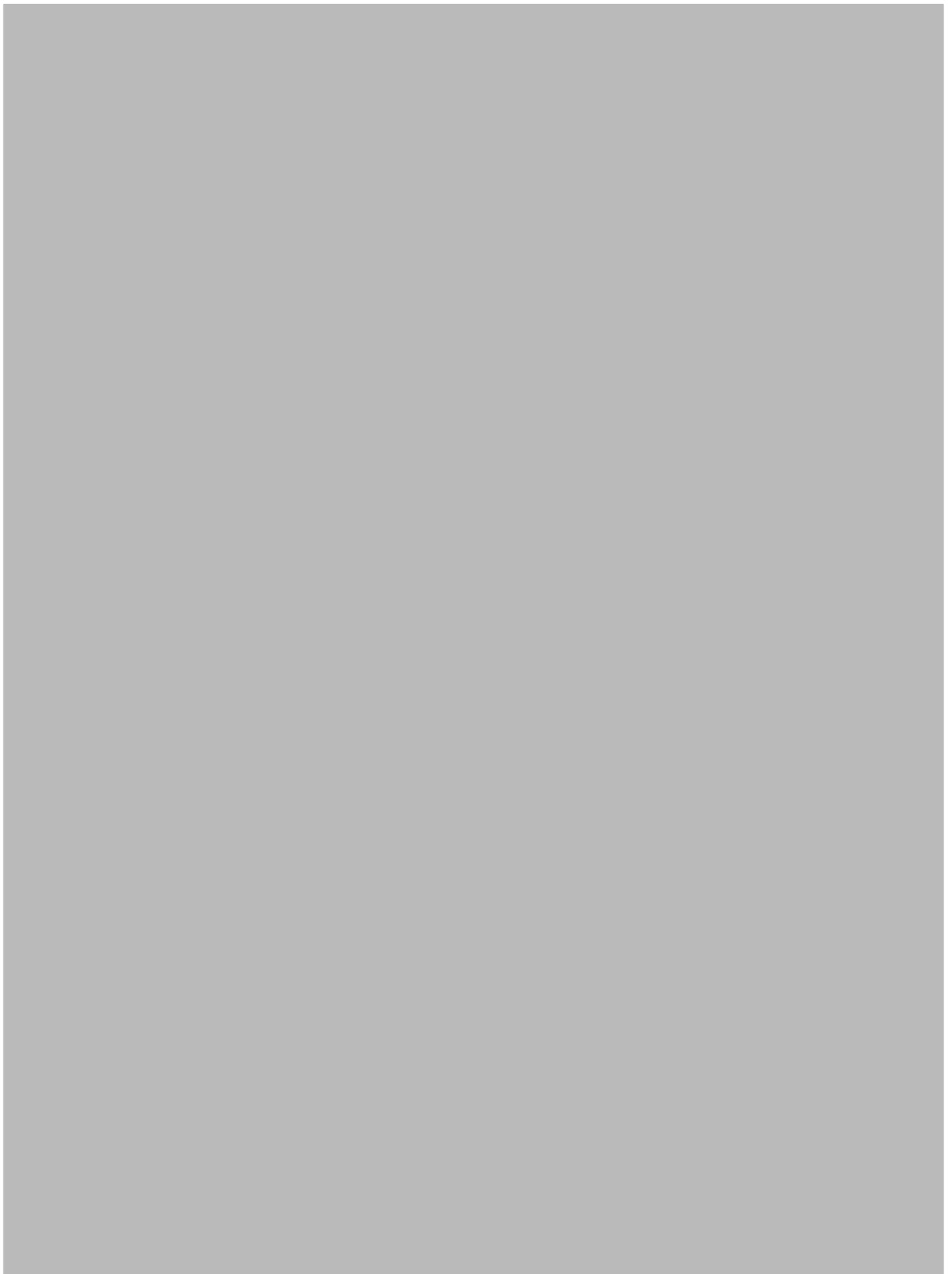
# ABENGOA

Innovative Solutions for  
Sustainability

## Soluciones al Cambio Climático Global **Solutions to Global Climate Change**

Publicación  
Interna de Empresa  
(Especial Diciembre)  
Internal Company  
Publication  
(Special December)

Diciembre - 2007  
December - 2007



# ABENGOA

## Soluciones al Cambio Climático Global Solutions to Global Climate Change

### Boletín Informativo News Bulletin

**Edita:**

Edited:

**Abengoa, S.A.**Avda. de la Buhaira, 2  
41018-Sevilla

Tf. 95-493 70 00 - Fax.95-493 70 02

e-mail: [abengoa@abengoa.com](mailto:abengoa@abengoa.com)<http://www.abengoa.com>**Publicación Interna de Empresa**

Internal Company Publication

**Especial diciembre 2007**

Special December 2007

**Redacción:** Dpto. Acción Comercial

Composition:

**Diseño e Imagen:** Rafael Lozano

Design and Presentation

**Depósito Legal:** SE - 170 - 1982

Registration Number:

Impreso en papel reciclado Printed on recycled paper

## Índice

El Compromiso de Abengoa	6
■ Introducción al Cambio Climático	8
■ Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica	13
■ Energía Solar para Generación Eléctrica	18
■ Energía Eólica	24
■ Energía Hidroeléctrica	29
■ Energías Renovables Incipientes para Generación Eléctrica	33
■ Eficiencia Energética	38
■ Biomasa para Generación Térmica y Eléctrica	43
■ Biocarburantes en el Transporte	47
■ Desalación y Potabilización de Agua	51
■ Gestión de Residuos	58
■ El Hidrógeno: Combustible y Vector Energético	62
■ Mercados de Carbono	68
Desarrollo Sostenible: una Visión de Futuro	72

## Index

Abengoa's Commitment	6
■ An Introduction to Climate Change	8
■ Solutions to Climate Change: A Panoramic Vision	13
■ Solar Energy for Electricity Generation	18
■ Wind Power	24
■ Hydroelectric Energy	29
■ Emerging Renewable Energy Sources for Electricity Generation	33
■ Energy Efficiency	38
■ Biomass for Thermal and Electrical Generation	43
■ Biofuels in Transportation	47
■ Water Desalination and Potabilization	51
■ Waste Management	58
■ Hydrogen: Fuel and Energy Vector	62
■ Carbon Markets	68
Sustainability: A Vision for the Future	72

## El Compromiso de Abengoa

En Abengoa creemos que el mundo necesita **Soluciones** que permitan hacer nuestro desarrollo más sostenible. Los científicos nos dicen que el **Cambio Climático** es una realidad, y desde Abengoa creemos que es el momento de buscar y poner en práctica soluciones.

Abengoa decidió hace más de diez años enfocar su crecimiento en la creación de nuevas tecnologías que contribuyan al **Desarrollo Sostenible**:

- Generando **Energía** a partir de recursos renovables.
- Reciclando **Residuos** Industriales y generando y gestionando **Agua**.
- Creando **Infraestructuras** que eviten nuevas inversiones en activos que generen emisiones.
- Creando **Sistemas de Información** que ayuden a gestionar más eficientemente las infraestructuras existentes.
- Creando **Nuevos Horizontes** de desarrollo e innovación.

Para ello invertimos en Investigación, Desarrollo e Innovación, **I+D+i**, expandimos de manera **Global** las tecnologías con mayor potencial y atraemos y desarrollamos el **Talento** necesario.

Asimismo, dedicamos a través de la **Fundación Focus-Abengoa** recursos humanos y económicos para promover políticas de acción social que contribuyesen al progreso social y humano.

Haciendo esto, creamos **Valor a Largo Plazo** para nuestros accionistas, contribuimos al crecimiento de las sociedades donde desarrollamos nuestras actividades y ayudamos a hacer del mundo un lugar mejor y más sostenible para las generaciones futuras.

## Abengoa's Commitment

At Abengoa, we believe that the world needs **Solutions** that will allow our development to be more sustainable. Scientists tell us that **Climate Change** is a reality, and at Abengoa we believe the time has come to pursue solutions and put them into practice.

More than ten years ago, Abengoa decided to focus its growth on the creation of new technologies that contribute to **Sustainability** by:

- Generating **Energy** from renewable resources.
- Recycling Industrial **Waste** and **Water** production and management.
- Creating **Infrastructures** that prevent new investments in assets that generate emissions.
- Creating **Information Systems** that aid in ensuring more efficient management of existing infrastructures.
- Establishing **New Horizons** for development and innovation.

To this end, we invest in Research, Development and Innovation, **R+D+i**, **Globally** expand the technologies with the greatest potential, and attract and develop the necessary **Talent**.

Moreover, through the **Focus-Abengoa Foundation**, we dedicate human and economic resources to promoting social action policies that contribute to social and human progress.

By doing so, we create **Long-Term Value** for our shareholders, contribute to the development of society in the areas in which we conduct our activities, and help to make the world a better and more sustainable place for future generations.

# Introducción al Cambio Climático

## An Introduction to Climate Change

### Introducción

La constatación del cambio climático comenzó hace unas décadas, a partir de observaciones que indicaban la subida de las temperaturas medias del planeta durante el último siglo y el incremento de las condiciones climáticas extremas (inundaciones, huracanes, olas de calor, etc.).

La influencia del ser humano sobre el clima comenzó con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, pero, actualmente, su influencia es mucho mayor al producir importantes cantidades de los llamados gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos etc. Pero, ¿en qué consiste exactamente el llamado efecto invernadero? Veamos cuál es la causa y la influencia del ser humano en el desequilibrio que actualmente se está produciendo.

### El efecto invernadero

La tierra recibe durante el día la energía radiada por el sol, energía que llega en forma de ondas de alta frecuencia al ser elevada la temperatura del sol. Debido precisamente a esta elevada frecuencia, la radiación atraviesa con relativa facilidad la atmósfera, llegando a la superficie terrestre en un elevado porcentaje. Por su parte, la tierra también emite radiación hacia el espacio, aunque en este caso en modo de ondas de baja frecuencia debido a su menor temperatura. Sin embargo no toda esta radiación vuelve al espacio, ya que los gases de efecto invernadero absorben una parte importante: las radiaciones de baja frecuencia emitidas por la tierra tienen un poder de penetración menor que las de alta frecuencia emitidas por el sol.

Como consecuencia de ello, el equilibrio térmico se

### Introduction

Proof of the existence of climate change began a few decades ago as the result of observations indicating a rise in the planet's average temperatures over the past century, as well as an increase in extreme weather conditions (floods, hurricanes, heat waves, etc.).

The influence of humankind on the climate began with the elimination of forests in order to turn them into crop and grazing lands, but the impact is currently much greater due to the production of significant quantities of the so-called greenhouse gases (GHG): carbon dioxide, methane, nitrous oxides, etc. However, what, exactly, is the so-called greenhouse effect? Let us examine the cause and impact of humankind's influence on today's unbalanced conditions.

### The Greenhouse Effect

During the day, the earth receives the energy radiated by the sun, energy which arrives in the form of high-frequency waves because of the high temperature of the sun. In fact, due precisely to this high frequency, radiation penetrates the atmosphere with relative ease, with a high percentage arriving at the earth's surface. On the other hand, the earth itself also emits radiation into space, although, in this case, due to its lower temperature, in the form of

low-frequency waves. However, not all of this radiation goes back into space, as greenhouse gases absorb an important part: the low-frequency waves emitted by the earth have a lower capacity for penetration than the high-frequency waves given off by the sun.

As a result, thermal equilibrium is reached at a

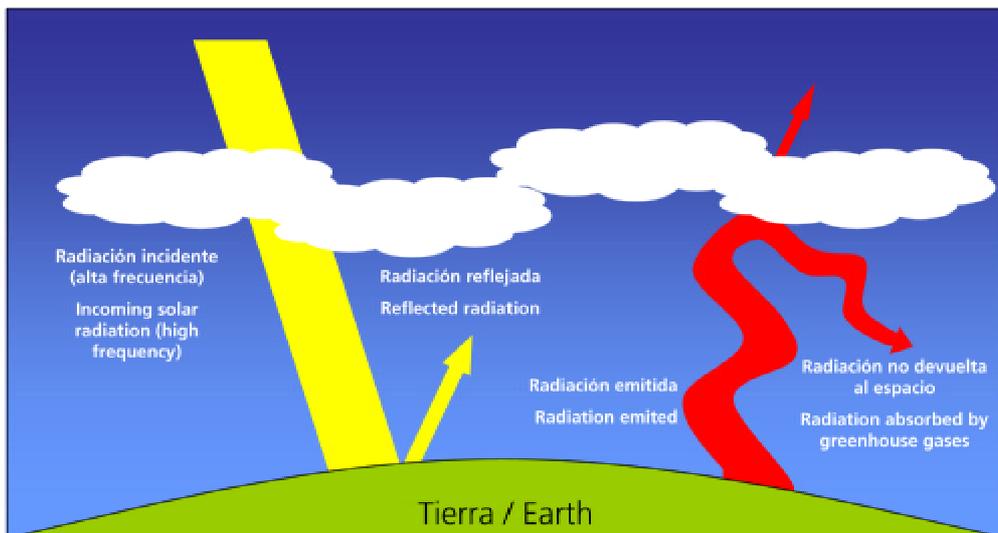


Figura 1. Efecto Invernadero  
Figure 1. Greenhouse Effect.

# Introducción al Cambio Climático

## An Introduction to Climate Change

establece a una temperatura superior a la que se obtendría sin este efecto invernadero. Se trata, por tanto, de un elemento fundamental para la aparición y el mantenimiento de la vida en el planeta. En condiciones de equilibrio, la cantidad total de energía solar que alcanza la tierra se compensaría con la cantidad de energía radiada al espacio, permitiendo a la tierra mantener una temperatura media constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, la actividad humana está alterando este equilibrio, lo que está generando una elevación progresiva de la temperatura media.

En el último siglo la actividad humana está generando un aumento sustancial de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, gases que provienen del uso de combustibles fósiles, actividades ganaderas y productos químicos desarrollados con diversas finalidades. Lógicamente, el aumento de los GEI en la atmósfera genera una mayor absorción de la radiación emitida por la tierra hacia el espacio, reteniéndose por tanto una mayor cantidad de calor. Y esto provoca un calentamiento del planeta, que es precisamente el llamado aumento del efecto invernadero (figura 2).

Aunque todos los GEI son naturales (salvo los CFC) y ya existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre, desde la revolución industrial se han producido importantes incrementos de los mismos en la atmósfera, con el agravante de que la deforestación ha limitado la capacidad de la tierra para eliminar mediante la fotosíntesis el dióxido de carbono, uno de los principales responsables del efecto invernadero.

### Evidencias científicas del cambio climático

Existe una cantidad ingente de publicaciones científicas, modelos climatológicos e informes desarrollados por todo tipo de organizaciones, que confirman el cambio climático que se está produciendo a nivel global. Sería imposible llevar a cabo un compendio ni tan siquiera de los más relevantes, de manera que nos limitaremos a comentar los dos que mayor impacto mediático han tenido en los últimos tiempos: el IV Informe de la IPCC y el Informe Stern.

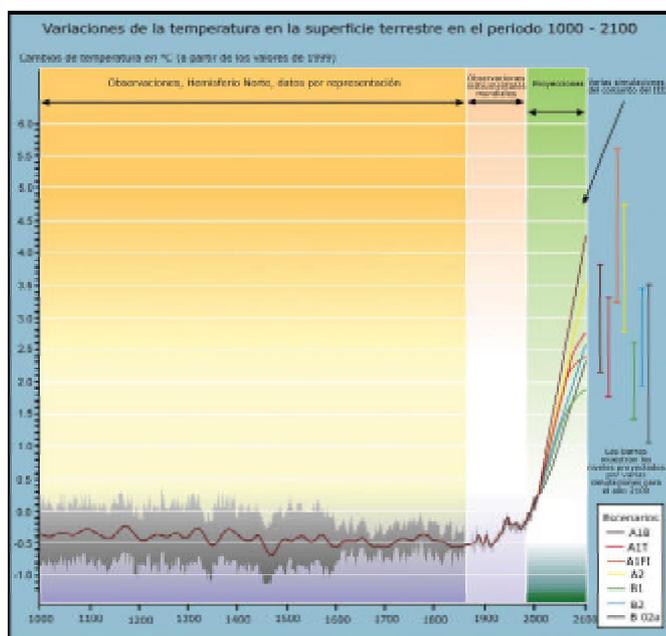


Figura 2. Variaciones en la temperatura media de la superficie de la Tierra en el Hemisferio Norte.

Figure 2. Variations in the average temperature of the Earth's surface in the Northern Hemisphere.

higher temperature than that would be obtained without this greenhouse effect. Thus, it involves an essential element for life to appear and be maintained on the planet. Under balanced conditions, the total amount of solar energy that reaches the earth is compensated by the amount of energy that is emitted into space, thereby allowing the earth to maintain a constant average temperature throughout time. Nevertheless, the activities of humankind are altering this balance, which is producing a progressive increase in average temperature.

Over the past century, human activity has been producing a substantial increase in greenhouse gases in the atmosphere, gases originating from the use of fossil fuels, farming activities and chemical products developed for different purposes. Logically, the rise in GHGs in the atmosphere leads to greater absorption of the radiation emitted by the earth into space, therefore retaining a greater amount of heat. And this causes warming of the planet, which is precisely the so-called increase in the greenhouse effect (Figure 2).

Even though all GHGs are natural (with the exception of CFCs) and were already present in the atmosphere prior to the advent of humankind, since the beginning of the Industrial Revolution, greenhouse gas emissions in the atmosphere have increased dramatically. And to make matters worse, deforestation has limited the earth's capacity to eliminate, via photosynthesis, carbon dioxide, which is one of the main causes of the greenhouse effect.

### Scientific evidence of climate change

A tremendous number of scientific publications, weather models and reports have been developed by all types of organizations confirming the occurrence of climate change at the global level. It would be impossible to elaborate a compendium of even the most relevant examples, so we will thus limit comments to the two that have received the most attention in the media in recent times: The 4<sup>th</sup> IPCC Report and the Stern Report.

# Introducción al Cambio Climático

## An Introduction to Climate Change

### El IV Informe del IPCC

En 1988 la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con el fin de estudiar cómo las actividades humanas pueden inducir cambios en el sistema climático, crearon el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

El último informe del IPCC, cuarto publicado hasta el momento, ha sido elaborado por unos 600 autores procedentes de 40 países, además de contar con más de 600 revisores y haber sido analizado por representantes de 113 gobiernos. Y probablemente, la conclusión más relevante que se alcanza en dicho informe es la confirmación, con el 90% de certeza, de que la actividad humana es la causa principal del calentamiento global.

Los expertos del IPCC calculan que la temperatura de la tierra aumentará entre 1,8 y 4 grados centígrados hasta final de siglo, con las negativas consecuencias que esto supone.

### El Informe Stern

El Informe Stern sobre la economía del cambio climático analiza el impacto en la economía mundial producido por el calentamiento global. Utilizando los resultados de diversos modelos económicos, el informe calcula que el coste total del cambio climático equivaldrá a la pérdida de al menos el 5% anual del PIB global. Teniendo en cuenta una gama de riesgos y consecuencias más amplios, los cálculos de los daños que se producirían aumentarían hasta un 20% del PIB. Por el contrario, el coste de la adopción de medidas para evitar las peores consecuencias del cambio climático puede limitarse al 1% del PIB global cada año.

Asimismo, el informe plantea que las inversiones que se hagan en los próximos 10- 20 años tendrán importantes efectos en el clima durante la segunda mitad de este siglo y el siguiente. En el caso de no tomarse medidas, será difícil o imposible invertir las consecuencias asociadas al cambio climático.

### Consecuencias del cambio climático

Las consecuencias del cambio climático a nivel global podrían ser muy graves si no se toman las medidas adecuadas. Los científicos apuntan diferentes posibilidades, entre las que se encuentran las siguientes:

- El deshielo de los casquetes polares, unido al aumento de la temperatura del mar y su consiguiente dilatación, provocará la elevación del nivel de las aguas. Esto llevará a que zonas próximas a las costas quedarán anegadas.

### The 4th IPCC Report

In 1988, the World Meteorological Organization and the United Nations Environment Program set up the Intergovernmental Panel of Experts on Climate Change (IPCC) with the aim of analyzing how human activities can bring about changes in the climate system.

The latest IPCC Report, the fourth published to date, was prepared by some 600 authors from 40 countries, and subsequently reviewed by over 600 experts and analyzed by representatives of 113 governments. And the most relevant conclusion reached in the above mentioned report is probably the confirmation, with 90% certainty, that human activity is the main cause of global warming.

The IPCC experts estimate that the earth's temperature will rise between 1.8 and 4 degrees celsius by the end of this century, with the negatives consequences this entails.

### The Stern Report

The Stern Report on the economics of climate change analyzes the impact of global warming on the world economy. Through the use of results from different economic models, the report estimates that the total cost of climate change will be equivalent to the loss of at least 5% per year of global GDP. When a more extensive range of risks and consequences is taken into consideration, the estimate of the damages that would occur would lead to an increase of up to 20% of GDP. On the other hand, the cost of adopting measures to prevent the worst consequences of climate change could be as low as 1% of global GDP per annum.

The report also suggests that the investments made over the next 10 to 20 years will have a considerable impact on climate during the second half of this century and the next. If steps are not taken, it will be difficult, if not impossible, to reverse the consequences linked to climate change.

### Consequences of climate change

The consequences of global climate change could be devastating unless appropriate preventive measures are taken. The temperature rise will cause serious alterations at many different levels:

- Melting of the polar ice caps, together with the rise in the temperature of the sea and the subsequent expansion, will cause water levels to rise. This will lead to flooding of coastal areas.

# Introducción al Cambio Climático

## An Introduction to Climate Change

- Se producirá un aumento en la frecuencia, duración e intensidad de los fenómenos climáticos extremos, tales como huracanes, maremotos, etc., debido a la variación en la distribución de los parámetros meteorológicos (precipitación o temperatura, por ejemplo).
  - Se generará un incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor, que serán más acentuadas en las zonas urbanas.
  - En ciertos lugares del planeta aumentarán las lluvias. En otros, en cambio, lloverá cada vez menos, lo que ocasionará sequías más frecuentes, dejando sin agua dulce a millones de personas.
  - Se producirá un aumento de la incidencia de determinadas enfermedades, como la malaria o el dengue.
  - Muchas especies animales y vegetales no podrán sobrevivir bajo las nuevas condiciones y desaparecerán, produciéndose una extinción masiva.
  - Algunos científicos señalan que este proceso de cambio climático podría desembocar en una nueva era glacial: el calentamiento provocará que los hielos polares se derritan, liberando una gran cantidad de agua dulce que interferirá en el funcionamiento de las corrientes, haciéndolas perder fuerza. Cuando los hielos polares hayan retrocedido lo suficiente, las corrientes se detendrán, lo que provocará una brusca caída de las temperaturas.
- The frequency, duration and intensity of extreme weather phenomena, such as hurricanes, tidal waves, etc. will increase due to the variation in the distribution of meteorological parameters (precipitation or temperature, for example).
  - There will be an increase in the frequency and intensity of heat waves, which will be accentuated in urban areas.
  - Rainfall levels will increase in certain areas of the planet. In others, on the other hand, it will rain less and less, resulting in more frequent spells of drought, leaving millions of people without fresh water.
  - There will be a rise in the occurrence of certain diseases, such as malaria or dengue fever.
  - Many animal and plant species will not be able to survive under the new conditions and will therefore disappear, resulting in mass extinction.
  - Some scientists indicate that this process of climate change could lead to a new ice age: warming will cause polar ice to melt, thereby releasing a large amount of fresh water that will interfere in the functioning of currents, making them lose strength. When polar ice masses retreat sufficiently, currents will come to a halt, and this will cause a severe drop in temperatures.

Realmente es difícil predecir con exactitud todas las consecuencias de este aumento de la temperatura global, cuyo resultado final podría ser aún peor. En cualquier caso, y este es un punto en el que

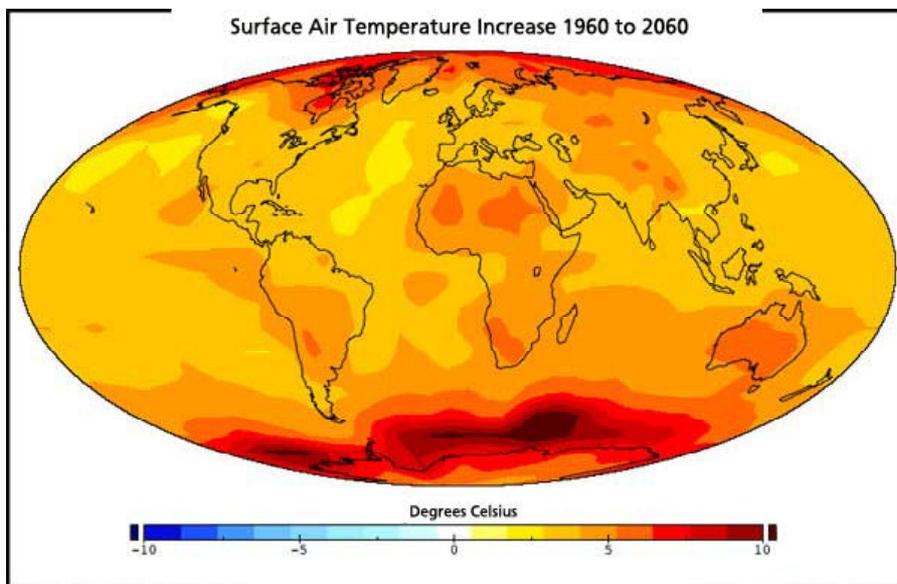


Figura 3. Estimación del incremento de la temperatura media desde 1960 a 2060.

Figure 3. Estimate of the increase in average temperature from 1960 to 2060.

It is extremely difficult to predict precisely what all the consequences of this increase in global temperature will be, the end result of which may be even worse. In any event, and this is a point on which virtually the entire scientific

# Introducción al Cambio Climático

## An Introduction to Climate Change

coincide la práctica totalidad de la comunidad científica, de no frenarse el cambio climático que se está produciendo llegaremos a una situación grave en un plazo relativamente corto.

### El protocolo de Kioto

El protocolo de Kioto es un pacto firmado por los gobiernos en la Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático, celebrada en 1997, en la ciudad japonesa de Kioto, con el principal objetivo de disminuir el cambio climático de origen antropogénico, cuya consecuencia es el efecto invernadero. El acuerdo entró en vigor en febrero de 2005, después de que 55 naciones (que representan el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero) lo ratificasen. En la actualidad el acuerdo ya ha sido firmado por 166 países.

El objetivo es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Para ello, el protocolo de Kioto contiene objetivos obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de GEI: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Estos objetivos varían de un país a otro, pero para compensar las dificultades asociadas al cumplimiento de estos objetivos vinculantes, se ofrece cierta flexibilidad para que los países puedan alcanzarlos. Por ejemplo, se han establecido los llamados Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL, o CDM en inglés) y las iniciativas de Acción Conjunta (AC, o JI en inglés). Las iniciativas de AC consisten en que un país invierte en otro en un proyecto de energía limpia, siendo ambos «países de anexo 1» (o países desarrollados), es decir, países incluidos en el anexo 1 del protocolo de Kioto. El país inversor obtiene certificados para reducir emisiones a un precio menor del que le habría costado en su ámbito nacional, y el país receptor de la inversión recibe la inversión y la tecnología. Los MDL son como las iniciativas de AC, pero el país receptor de la inversión es un país en vías de desarrollo («país de no anexo 1»).

### Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto en este artículo, las consecuencias del cambio climático podrían ser muy graves según los resultados de los últimos informes científicos. Siendo, además, difícilmente reversibles a menos que de forma inmediata se empiecen a tomar las medidas que reduzcan el impacto ambiental de la actividad humana.

community agrees, if we do not put the breaks on climate change, we will find ourselves in a catastrophic situation in the relatively short term.

### The Kyoto Protocol

The Kyoto Protocol is an agreement signed by governments at the UNO Conference on Climate Change, which took place in the Japanese city of Kyoto in 1997. The protocol's main objective is to reduce climate change of anthropogenic origin, the consequence of which is the greenhouse effect. The agreement went into effect in February of 2005, following its ratification by 55 nations (representing 55% of greenhouse gas emissions). To date, the agreement has been signed by a total of 166 countries.

The goal is to achieve a 5.2% reduction in greenhouse gas emissions over 1990 levels for the 2008 to 2012 period. To this end, the Kyoto Protocol contains mandatory objectives so that industrialized countries will reduce their GHG emissions: carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs) and sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>).

These objectives vary from one country to another, but a certain degree of flexibility is offered in order to compensate for the difficulties associated with achievement of the binding objectives so that countries can meet them. For example, the so-called Clean Development Mechanism (CDM) and the Joint Implementation (JI) initiatives have been established. JI arrangements involve one country investing in a clean energy project in another country, with both being "Annex 1 countries" (developed countries); that is, countries included in Annex 1 of the Kyoto Protocol. The investing country obtains certificates to reduce emissions at a cost lower than what it would have cost domestically, and the country invested in receives the investment as well as the technology. CDMs are similar to JI initiatives, but the investment recipient country is a developing country (a "Non-Annex 1 country").

### Conclusions

As shown in this article, the consequences of climate change will be devastating, according to the results of the latest scientific reports. These consequences, moreover, will be almost irreversible unless steps are taken immediately to reduce the environmental impact of human activity.

# Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica

## Solutions to Climate Change: a Panoramic Vision

### Introducción

En el primer artículo veíamos las graves consecuencias derivadas del cambio climático que podrían llegar a producirse, si no se toman las medidas adecuadas. Ante esto, ¿qué vías de actuación hay que tomar para evitar el peor de los escenarios posibles? Veamos las diferentes alternativas.

### Soluciones en generación eléctrica

La más obvia está relacionada, lógicamente, con la generación eléctrica. Las energías renovables juegan aquí un papel fundamental como alternativa a la generación termoeléctrica convencional basada en combustibles fósiles.

Las energías renovables son aquellas que provienen de las fuentes energéticas consideradas como inagotables: sol, viento, biomasa, agua de los ríos, olas de mares y océanos, etc. Y muchas de estas energías pueden emplearse, entre otras cosas, para generar electricidad:

1. Solar. Tanto con el empleo de tecnología termoeléctrica como fotovoltaica, la energía solar permite generar electricidad en unas condiciones que a medio plazo serán competitivas desde un punto de vista económico con los combustibles fósiles.
2. Eólica. Se obtiene aprovechando el viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética contenida en las corrientes de aire para producir electricidad.
3. Hidroeléctrica. Se basa en aprovechar la energía que posee el agua al caer por un salto de agua o desplazarse por un desnivel. Esta energía puede transformarse en electricidad mediante una turbina acoplada a un generador.
4. Biomasa. El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas, desechos de animales, desechos provenientes de la agricultura y de residuos urbanos. Se trata de un tipo de energía que abarca gran cantidad de procesos de conversión, siendo uno de ellos la producción de biocarburantes, entre los que el bioetanol y el biodiésel son los más importantes.
5. Mares y océanos. La energía de mares y océanos es aquella que se obtiene de la utilización de grandes masas de agua. Es posible identificar diferentes métodos para la obtención de energía, siendo los principales el aprovechamiento de las corrientes marinas, la energía mareomotriz (resultante del aprovechamiento de las mareas), la energía undimotriz (producida por el movimiento de las olas) y la energía

### Introduction

In the first article we looked at the catastrophic consequences climate change will have if appropriate measures are not taken to prevent it. Given this situation, what must be done to prevent the worst of the possible scenarios? Let us now examine the different alternatives.

### Solutions in electricity generation

The most obvious solution is, logically, related to the generation of electricity. Renewable energy sources play an essential role here as an alternative to conventional fossil fuel-based thermal generation.

Renewable energy sources are those that come from energy sources that are considered to be inexhaustible: sun, wind, biomass, river water, sea and ocean waves, etc. And many of these energy sources can be utilized for, among other things, electricity generation:

1. Solar. With the use of both thermoelectric and photovoltaic technologies, solar energy permits the generation of electricity under conditions which, in the mid term, will be competitive, from an economic point of view, with fossil fuels.
2. Wind. Obtained by capturing the wind, that is, by taking advantage of the kinetic energy generated by air currents, to produce electricity.
3. Hydroelectric. Based on the exploitation of the energy water possesses when it drops from a waterfall or travels along sloped terrain. This energy can be transformed into electricity through the use of a turbine connected to a generator.
4. Biomass. The term "biomass" refers to all organic matter that comes from trees, plants, animal, agricultural and urban waste products. It involves a kind of energy that encompasses a large number of conversion processes, one of which is the production of biofuels, with bioethanol and biodiesel being the most important among them.
5. Seas and oceans. The energy from seas and oceans is that which is obtained from the utilization of large masses of water. Different methods exist for obtaining this kind of energy, being the most important: harnessing marine currents, tidal energy (by exploiting tidal currents), wave energy (produced by the movement of the waves) and ocean thermal

## Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica

### Solutions to Climate Change: a Panoramic Vision

mareomotérmica u OTEC (basada en la utilización de la diferencia de temperaturas que existe entre la superficie y las aguas profundas del océano).

- Geotérmica. Parte del calor interno de la Tierra (5000° C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas alcanzan temperaturas de ebullición, una energía que puede ser aprovechada para accionar turbinas eléctricas.

Como se aprecia en la Tabla 1, las energías renovables constituyen una vía de actuación fundamental para reducir las emisiones contaminantes de las fuentes de energía fósiles, así como residuos peligrosos generados por energías como la nuclear. Y es que sin nuevas iniciativas vinculadas al desarrollo de energías renovables, el total de emisiones de CO<sub>2</sub> se incrementaría durante el período 2008-2012 en un 30% por encima de los niveles de 1990, cuando el protocolo de Kioto establece una reducción del 5%.

### Fomento de la eficiencia energética

La eficiencia energética está relacionada con la generación, transmisión, distribución y consumo de la energía, buscando sistemas que permitan reducir las pérdidas energéticas que de forma inevitable se producen en todas estas fases.

Esto abarca un gran número de líneas de actuación:

- Utilizar sistemas de conversión de energía primaria más eficientes.
- Emplear líneas de transporte y distribución con menores pérdidas energéticas.
- Mejorar la conversión de la electricidad a trabajo útil en los aparatos destinados para el consumo.
- Fomentar el uso racional de la energía, tanto mediante campañas de concienciación como desarrollando construcciones eficientes desde el punto de vista energético.
- Otras medidas, como el uso de sistemas de información que incidan en un menor consumo (mejora de la organización del tráfico aéreo, optimización del tráfico rodado, etc.).

energy conversion, or OTEC (based on utilization of the difference in temperatures that exists between the ocean's shallow and deep waters).

- Geothermal. Part of the Earth's internal heat (5000° C) reaches the earth's crust. In some areas of the planet, close to the surface, underground waters reach boiling point temperature, and this energy can be harnessed to power electric turbines.

As shown in Table 1, renewable energies represent a fundamental means for reducing both contaminating emissions originating from fossil energy sources and hazardous wastes generated by energy sources such as nuclear energy. The fact is that without initiatives linked to the development of renewable energy sources, global CO<sub>2</sub> emissions would increase 30% over 1990 levels from 2008 to 2012, when the Kyoto

Protocol has established a reduction of 5%.

### Promoting energy efficiency

Energy efficiency is related to the generation, transmission, distribution and consumption of energy and the pursuit of systems that allow reduction of the energy losses that inevitably occur in all of these stages.

This covers a considerable number of possibilities for action, such as the following:

- Utilizing more efficient primary energy conversion systems.
- Using transmission and distribution lines with lower energy losses.
- Improving electricity conversion to useful work in devices intended for consumption.
- Encouraging rational use of energy, through both awareness campaigns as well as the development of efficient types of construction from an energy standpoint.
- Other measures, such as the use of information systems resulting in lower consumption (improvement in air traffic organization, optimization of road traffic, etc.).

Fuente de energía / Energy sources (toneladas emitidas por GWh) (Tons. per GWh)	CO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	Nox Nox	SO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	Partículas sólidas Solid particles	CO CO	Hidrocarburos hydrocarbures	Residuos nucleares Nuclear waste	Total Total
Carbón / Coal	1.058,20	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102		1.066,10
Gas natural / Natural gas	824	0,251	0,336	1,176				825,8
Nuclear / Nuclear	8,6						3,641	12,3
Fotovoltaica / Photovoltaics	5,9							5,9
Biomasa / Biomass		0,614	0,154	0,512	11,361	0,768		13,4
Geotérmica / Geothermal	56,8							56,8
Eólica / Wind	7,4							7,4
Solar Térmica / Solar thermal	3,6							3,6
Hidroeléctrica / Hydroelectric	6,6							6,6

**Tabla 1. Emisiones contaminantes generadas por distintas fuentes de energía (sólo se muestran las principales emisiones por tipo de energía).**

**Table 1. Contaminating emissions generated by different energy sources (only the main emissions by energy type are shown).**

# Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica

## Solutions to Climate Change: a Panoramic Vision

### Soluciones en el transporte

Enlazando con el apartado anterior, la introducción de sistemas que mejoren la gestión del tráfico no es la única alternativa para disminuir las emisiones contaminantes en el transporte. Los biocombustibles adquieren un papel fundamental en esta área:

- Bioetanol. Formado a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en determinados cultivos, mezclado con la gasolina produce un biocombustible con características muy similares a esta, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes. Con ayuda de un aditivo también se puede mezclar con el gasoil, produciendo el llamado e-diésel.
- Biodiésel. Se obtiene a partir de aceites vegetales y, mezclado con diésel normal, genera unos biocombustibles que pueden ser utilizados en los motores de este tipo sin ninguna modificación. Los rendimientos son muy similares a los del diésel convencional, pero con una reducción sustancial de las emisiones contaminantes.

Otra opción es desarrollar y emplear mecanismos que permitan reducir las emisiones en el tubo de escape. En la actualidad ya se comercializan diferentes productos de tratamiento posterior, aunque es necesario continuar desarrollando tecnologías que mejoren la eficiencia de los mismos.

### Gestión del agua

Como ya se ha dicho, las consecuencias ambientales, sociales y económicas del cambio climático podrían ser muy graves si no se toman medidas urgentemente. Y algunas de estas consecuencias son precisamente la aparición de sequías más frecuentes y la progresiva desertización de determinadas zonas. Por ello se hace necesario también presentar otro frente de actuación: la adecuada gestión de los recursos hídricos. Y esto incluye la desalación, potabilización y transporte.

### Gestión de los residuos

Los residuos pueden ser una importante fuente de emisión de gases de efecto invernadero, y contribuir por tanto al cambio climático. Los vertederos, por ejemplo, no solo emiten CO<sub>2</sub> (como los motores de combustión), también emiten metano, que es un gas aun peor desde el punto de vista del efecto invernadero. Debido a ello, evitar o reducir el impacto ambiental causado por los residuos debe ser otra de las líneas en que trabajar para disminuir el cambio climático.

### Solutions in transportation

In connection with the previous section, the introduction of systems to improve traffic management is not the only alternative for reducing emissions from transportation. Biofuels take on an essential role in this area:

- Bioethanol. Obtained through fermentation of the sugars found in certain crops, when mixed with gasoline, it produces a biofuel of characteristics which are very similar to gasoline, but with a significant reduction in contaminating emissions. With the help of an additive, it can also be blended with gas oil to produce so-called E-Diesel.
- Biodiesel. Obtained from vegetable oils and, when blended with normal diesel fuel, it generates biofuels that can be used in these types of engines without the need for any modification. Performance is very similar to that of conventional diesel, but a substantial reduction in contaminating emissions is achieved.

Another option is the development and use of mechanisms that allow emissions to be reduced in the exhaust pipe. Different products for subsequent treatment are already available on the market, although continued development of technologies is needed to improve their efficiency.

### Water management

As already put forth, the environmental, social and economic consequences of climate change will be dramatic if preventive measures are not adopted immediately. And some of these consequences are precisely the occurrence of more frequent periods of drought and the progressive desertization of certain areas. For this reason, it has become imperative to present another line of action: effective management of water resources. And this includes desalination, potabilization and transportation.

### Waste management

Wastes can become an important source of greenhouse gas emissions and therefore contribute to climate change. Dumps, for example, emit CO<sub>2</sub> (as do combustion engines), as well as methane, a more powerful gas which adds to the greenhouse effect. Given this, the prevention or reduction of the environmental impact caused by wastes is another line of activity that must be worked on in order to reduce climate change.

## Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica

### Solutions to Climate Change: a Panoramic Vision

---

En este sentido, es necesario avanzar en el desarrollo de sistemas integrales de gestión de residuos que separen los materiales reciclables, aprovechen la parte orgánica mediante compostaje o gasificación y valoricen el resto.

También el reciclaje de los residuos es una fuente de disminución de emisiones al ser evitadas las de los procesos de producción de materias primas o materiales secundarios que sustituyen, como el reciclaje del aluminio en que la producción de un kilogramo de aluminio primario consume 13 kWh, mientras que la producción de un kilogramo de aluminio reciclado sólo consume 0,5 kWh.

### El hidrógeno

El hidrógeno, dadas sus peculiares características, ha de ser estudiado de una manera diferente. Y es que como veremos a continuación, además de su uso como combustible también puede emplearse como vector energético.

Como la electricidad, no es una fuente de energía primaria: su producción requiere partir de otras materias primas (agua, biomasa, recursos fósiles) y convertirlas en hidrógeno siguiendo unas transformaciones en las que se consume alguna fuente de energía primaria. Y como ya se ha comentado, el hidrógeno puede ser utilizado de dos formas distintas:

- Como combustible, ya sea en procesos térmicos convencionales (motores de combustión interna o turbinas) o transformándolo en electricidad mediante procesos electroquímicos en pilas de combustible.
- Como vector energético, es decir, como un medio de transmisión de la energía desde las fuentes primarias hasta los usuarios. Además, posee una peculiaridad que lo hace más atractivo que la electricidad para ciertas aplicaciones: puede almacenarse para ser utilizado con posterioridad.

Su principal ventaja es que se trata de un combustible limpio: dependiendo de su generación (energías renovables o no) y de su uso (procesos térmicos o pilas de combustible), las emisiones contaminantes pueden ser menores a las de otros combustibles o incluso nulas.

In this sense, advancement must take place in developing integral waste management systems that separate recyclable materials, exploit the organic portion through composting or gasification and increase the value of the rest.

Waste recycling is also a means for reducing emissions. It prevents the emissions from the production processes of the raw or secondary materials they substitute, such as the recycling of Aluminium, in which the production of one kilogram of primary Aluminium consumes 13 kWh, whereas the production of one kilogram of recycled Aluminium consumes only 0.5 kWh.

### Hydrogen

Hydrogen, given its peculiar characteristics, must be analyzed in a different manner. Moreover, as we will now see, in addition to its use as a fuel, it can also be utilized as an energy vector.

Like electricity, it is not a primary energy source: its production requires the use of other raw materials (water, biomass, fossil resources) to convert them into hydrogen, undergoing transformations in which a source of primary energy is consumed. And, as we have already pointed out, hydrogen can be used in two different ways:

- As a fuel, in either conventional thermal processes (internal combustion engines or turbines) or by transforming it into electricity through electrochemical processes in fuel cells.
- As an energy vector, in other words, as a means for transmitting energy from primary sources to the consumers. In addition, hydrogen has a particular characteristic that makes it more attractive for certain applications: it can be stored for later use.

Hydrogen's main advantage is that it is a clean fuel: depending on how it is generated (renewable or non-renewable energy) and its use (thermal processes or fuel cells), contaminating emissions can be lower than those of other fuels, or even non-existent.

# Soluciones al Cambio Climático: una Visión Panorámica

## Solutions to Climate Change: a Panoramic Vision

### Conclusiones

La principal conclusión que puede extraerse de todo lo expuesto hasta el momento es que existen varios pilares sobre los que sustentar la lucha contra el cambio climático, ya que en la práctica es posible abordar este problema con tecnologías que ya están probadas comercialmente.

El primero de ellos se basa en la progresiva sustitución de los combustibles fósiles por un abanico de energías limpias para la generación eléctrica. Y dentro de esta línea de actuación, la energía solar en particular debe jugar un papel esencial a medio y largo plazo. La energía nuclear reduce efectivamente las emisiones de gases de efecto invernadero, pero los residuos nucleares que genera constituyen un serio inconveniente que la energía solar y el resto de renovables no tienen.

El segundo pilar es la progresiva sustitución de los combustibles fósiles en el transporte por los biocombustibles, que, gracias a sus menores emisiones contaminantes, ayudan a combatir el cambio climático.

En tercer lugar, se hace necesario enfrentarse al problema de la eficiencia energética en sus dos vertientes: concienciando a la sociedad de la importancia del ahorro energético, y desarrollando infraestructuras y sistemas de gestión energética que posibiliten una mayor eficiencia en la generación, transporte y distribución.

Igualmente hay que avanzar en el desarrollo de sistemas integrales de gestión de residuos, así como en las actividades de captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub>. Por último, y a más largo plazo, un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático lo jugará la producción de H<sub>2</sub> en grandes centrales de energía solar u otras energías no emisoras de CO<sub>2</sub>.

### Conclusions

The main conclusion to be drawn from the above is that several pillars on which to base the fight against climate change already exist, because, in practice, this problem can be approached with technologies that have already been proven commercially.



The pillar is based on the progressive substitution of fossil fuels with a variety of clean energy sources for the generation of electricity. And within this line of proceeding, solar energy, in particular, must play an essential role in the medium to long term. Indeed, nuclear energy reduces greenhouse gas emissions, but the nuclear waste generated poses a

serious drawback that does not occur with solar energy and the other renewable energy sources.

The second pillar involves progressive replacement of fossil fuels in the transportation sector with biofuels which, thanks to their lower levels of contaminating emissions, help to combat climate change.

Thirdly, both sides of the energy efficiency problem have to be addressed: making society aware of the importance of saving energy, and developing energy management infrastructures and systems to facilitate greater efficiency in energy generation, transmission and distribution.

Furthermore, advancement must take place in the development of integral waste management systems, as well as CO<sub>2</sub> capture and storage activities. And, finally, in the longer term, H<sub>2</sub> production will play a vital role in the fight against climate change in large solar energy or other zero CO<sub>2</sub>-emitting power plants.

# Energía Solar para Generación Eléctrica

## Solar Energy for Electricity Generation

---

### Introducción

El sol arroja cada año sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consume en todo el mundo. Los científicos alemanes Gerhard Knies y Franz Trieb afirman que bastaría cubrir con colectores solares una pequeña parte (un 0,5%) de los desiertos cálidos para satisfacer las necesidades eléctricas del mundo entero.

Como indica su propio nombre, la energía solar está basada en el aprovechamiento de la radiación proveniente del sol. Una de las posibilidades es transformar esta energía en electricidad, aplicación que según los datos del Worldwatch Institute, en su informe «Renewables 2005 Global Status Report», contaba a finales de 2004 con una capacidad instalada a nivel mundial de 4,4 GW. De ellos, 4 GW correspondían a fotovoltaica y 0,4 GW a solar termoeléctrica.

Pero la generación de electricidad no es la única vía de aprovechamiento de la energía solar. También es posible emplearla en forma de calor, es decir, utilizarla en sistemas de calefacción o agua caliente sanitaria. Según el informe antes mencionado, la capacidad mundial instalada era de 77 GWth a finales de 2004.

A lo largo de este artículo nos centraremos en la utilización de la energía solar para generación eléctrica, aplicación que según el Worldwatch Institute ha tenido el mayor crecimiento porcentual promedio en los últimos años de todas las energías renovables empleadas para la generación eléctrica. Pese a ello, en el cómputo global la contribución de la energía solar a la generación eléctrica es aún reducida, aunque se espera que debido a su fuerte crecimiento pase a convertirse en los próximos años en uno de los pilares energéticos a nivel mundial.

### Tecnologías actuales

En la actualidad existen dos tecnologías diferentes para la generación eléctrica a partir de la radiación solar. La primera de ellas, denominada tecnología fotovoltaica, consiste en transformar directamente la radiación solar en electricidad. La segunda posibilidad, denominada tecnología solar termoeléctrica, se basa en emplear la radiación solar para calentar un fluido y emplearlo en un ciclo termodinámico convencional.

### Introduction

Each year, the sun casts four thousand times more energy on the earth than what is consumed worldwide. German scientists Gerhard Knies and Franz Trieb assert that covering a small part (0.5%) of the earth's hot deserts with solar collectors would suffice to meet the electrical needs of the entire planet.

As its name suggests, solar energy is based on capturing the radiation from the sun. One of the possibilities is to transform this energy into electricity, an application which, according to data from the Worldwatch Institute in its report titled "Renewables 2005 Global Status Report" had, at the end of 2004, a worldwide installed capacity of 4.4 GW, of which 4 GW were photovoltaic and 0.4 GW thermoelectric solar.

However, electricity generation is not the only way to exploit solar energy. It can also be used in the form of heat, that is, its utilization in heating or sanitary hot water systems. According to the aforementioned report, the capacity installed worldwide at the end of 2004 was 77 GW.

Throughout this article, we will focus on the use of solar energy for electricity generation, an application which, according to Worldwatch Institute, has shown the greatest average percentage growth in recent years among all of the renewable energies utilized for electricity generation. Nevertheless, total calculations show that the contribution of solar energy to electricity generation is still quite low, although, due to its strong growth, it is expected to become, in the coming years, one of the world's energy pillars.

### Existing technologies

Two different technologies for electricity generation from solar radiation currently exist. The first, called photovoltaic technology, consists of direct transformation of solar radiation into electricity. The second possibility, known as solar thermoelectric technology, is based on the use of solar radiation to heat a fluid for use in a conventional thermodynamic cycle.

# Energía Solar para Generación Eléctrica

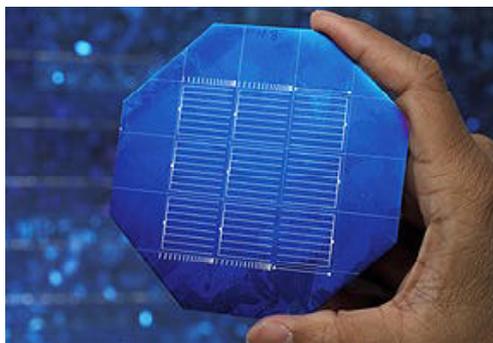
## Solar Energy for Electricity Generation

### Tecnología solar fotovoltaica

La tecnología solar fotovoltaica consiste en la transformación de la radiación solar en electricidad mediante las denominadas células fotovoltaicas. Utilizando el denominado efecto fotoeléctrico y aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores, estas células generan corriente continua al incidir en ellas la luz, corriente que es posteriormente transformada en alterna para su utilización. Las células fotovoltaicas empleadas comúnmente son de silicio cristalino, aunque ya se está investigando el uso de nuevos materiales.

Los módulos fotovoltaicos, que están formados por un conjunto de células, pueden instalarse de diferentes maneras. Los módulos fijos son los más sencillos y fiables debido a que no presentan partes móviles, pero su rendimiento es menor que otras alternativas. Otra posibilidad es incorporar seguidores, que son equipos electromecánicos que orientan el módulo fotovoltaico para que siempre esté dirigido hacia el sol. Como consecuencia de ello su rendimiento es mayor que el de los módulos fijos. También es posible emplear concentradores, que son elementos que captan y concentran la energía sobre células solares de alta eficiencia.

En paralelo a los avances en módulos fotovoltaicos, actualmente se trabaja en el desarrollo de la tecnología de lámina delgada, basada en compuestos como el silicio amorfo o el CIS/CIGs, que resulta muy prometedora.



**Figura 1. Célula fotovoltaica.**  
**Figure 1. Photovoltaic cell.**

### Solar photovoltaic technology

Solar photovoltaic technology consists of transforming solar radiation into electricity by using what are called photovoltaic cells. Through the use of what is known as the photoelectric effect and exploiting the properties of the semiconductor materials, these cells generate continuous current when they come into contact with light. This current is subsequently transformed into alternating current that can be utilized. The most commonly used photovoltaic cells are made of crystalline silicon, although the use of new materials is currently under research.

Photovoltaic modules, made up of a set of cells, can be installed in different ways. Stationary modules are the simplest and most reliable, as there are no moving parts to them, but their performance is inferior to that of other alternatives. Another possibility is the incorporation of trackers, which are electromechanical units that orientate the photovoltaic module so

that it faces the sun at all times. As a result, performance is greater than that of the fixed modules.

Concentrators can also be utilized. These are elements that capture and concentrate the energy on high-efficiency solar cells.

Like the advances to photovoltaic modules, work is also underway on the development of a very promising technology known as thin-layer technology, based on compounds such as CIS/CIGs.



**Figura 2. Módulos fotovoltaicos.**  
**Figure 2. Photovoltaic modules.**

# Energía Solar para Generación Eléctrica

## Solar Energy for Electricity Generation

### Tecnología solar termoeléctrica

La tecnología solar termoeléctrica está basada en la conversión de la energía radiada en calor, posteriormente empleado en un ciclo termodinámico. Su principal componente es el captador, elemento de la instalación por el que circula un fluido que absorbe la energía solar, calentándose y accionando posteriormente una turbina que genera electricidad.

Existen diferentes tipos de instalaciones, aunque probablemente las más importantes en la actualidad son las de torre, colector cilíndrico parabólico (CCP), disco parabólico y los sistemas híbridos con ciclo combinado.

En los denominados sistemas de receptor central (tecnología de torre) la radiación solar se capta por medio de un conjunto de espejos (denominados heliostatos) que reflejan la luz del sol, concentrándola en un único punto (receptor) situado en una torre central (ver Figura 3). Su funcionamiento se basa en tres elementos:

- Los heliostatos, que siguen el movimiento del sol durante el día, concentrando la luz en el receptor.
- El receptor, que transfiere el calor recibido a un fluido de trabajo (que puede ser agua, sales fundidas, etc.), encargado de transmitir el calor a otra parte de la central termosolar.
- Generalmente, el calor es transmitido a un depósito de agua, obteniéndose vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad mediante el movimiento de una turbina.

La primera central comercial del mundo de este tipo es la PS10, desarrollada por Abengoa Solar in Sanlúcar la Mayor (Sevilla).



Figura 3. Central solar termoeléctrica de torre (PS10).

Figure 3. PS10 solar thermoelectric power plant (tower technology).

### Solar thermoelectric technology

Solar thermoelectric technology is based on converting radiated energy into heat for subsequent use in a thermodynamic cycle. Its main component is the receiver, the element of the installation through which a fluid that absorbs the solar energy flows while heating up, and then powers a turbine that generates electricity.

Different types of installations exist, although the most important at the present time are probably the tower, trough collector, parabolic dish, and hybrid combined cycle systems.

In systems known as central receiver systems (tower technology), solar radiation is captured by a set of mirrors (called heliostats) that reflect the sunlight and concentrate it onto a single point (receiver) located on a central tower (see Figure 3). Its operation is based on three elements:

- The heliostats that track the sun's movement during the day while concentrating the light onto the receiver.
- The receiver, which transfers the heat received to a working fluid (which may be water, molten salts, etc.) which in turn is

responsible for transmitting the heat to another part of the concentrating solar power plant.

- In general, the heat is transferred to a water tank and high temperature steam is obtained for thermal uses or electricity production through the movement of a turbine.

PS10, developed by Abengoa Solar in Sanlúcar la Mayor (Seville), is the world's first commercial power plant of this kind.

## Energía Solar para Generación Eléctrica

### Solar Energy for Electricity Generation

En los CCP (Figura 4) se emplean espejos cilindro parabólicos para concentrar la radiación en un tubo colector dispuesto a lo largo de la línea focal del espejo, y con superficie absorbente en su interior. Un fluido que circula por el colector recoge la energía, y tras calentarse emplea dicha energía para producir electricidad mediante el movimiento de una turbina.

Respecto a los discos parabólicos, se emplea un reflector en forma de paraboloide de revolución que refleja la radiación solar concentrándola en el receptor. En este receptor, situado en el foco de dicho paraboloide, se calienta un fluido que posteriormente se emplea para generar electricidad. En este caso, para el sistema de generación de energía eléctrica se suelen utilizar motores Stirling o turbinas Brayton. La principal ventaja de los discos parabólicos es que presentan un rendimiento de conversión termoeléctrica mayor que otras tecnologías, además de poder ser utilizados en aplicaciones de pequeña escala.

Por último, y para mitigar el problema que supone la discontinuidad en la generación eléctrica debido a la variabilidad de la radiación solar, es posible construir centrales híbridas de ciclo combinado. En estas centrales se pueden emplear como fuente de energía principal combustibles fósiles u otra energía renovable como el biogás. La primera central de ciclo combinado solar del mundo se está construyendo actualmente en Argelia, proyecto en el que Abengoa participa y cuya fecha de finalización está prevista para 2009.

### Ventajas de la energía solar

Las centrales solares presentan numerosas ventajas con respecto a los combustibles fósiles, aunque quizá la más importante sea la reducción de las emisiones contaminantes. Además, al ser una energía descentralizada puede captarse y utilizarse en todo el territorio, siempre que se den las condiciones de radiación solar requeridas. Esto contribuye a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas y el mantenimiento costoso de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso, así como a reducir la dependencia energética del exterior y a crear puestos de trabajo.

In the case of trough collectors (Figure 4), parabolic mirrors are used to concentrate the radiation onto a receiver tube installed on the mirror's focal line and with an absorbent surface on the inside. A fluid circulating in the tube absorbs the energy and, once heated, uses that energy to produce electricity through the movement of a turbine.



**Figura 4. Colector cilíndrico parabólico.**  
**Figure 4. Trough collector.**

With respect to parabolic dishes, a reflector in the form of a revolving paraboloide that reflects the solar radiation and concentrates it onto the receiver is utilized. A fluid is heated in this receiver located at the focus of the paraboloide and is subsequently used to generate electricity. In this case, Stirling engines or Brayton turbines are normally used for the electricity generation system. The main advantage of parabolic dishes is that their thermoelectric conversion

performance is better than that of other technologies, and they can also be used in small-scale applications.

Finally, hybrid combined cycle power plants can be built to mitigate the problem arising from discontinuity in electricity generation due to the variability of solar radiation. These power plants can utilize fossil fuels or other renewable energy sources, such as biogas. The world's first solar combined cycle power plant is currently under construction in Algeria. Abengoa is participating in the project scheduled for completion in 2009.

### Advantages of solar energy

Solar power plants offer numerous advantages over fossil fuels, although the reduction in contaminating emission levels is perhaps the most significant. Furthermore, as it is a decentralized type of energy, it can be captured and utilized everywhere, provided the required solar radiation conditions exist. This contributes to preventing progressive depopulation of certain areas and costly maintenance of power lines in places that are difficult to access, as well as reducing dependence on imported energy and creating jobs.

## Energía Solar para Generación Eléctrica

### Solar Energy for Electricity Generation

Además, las instalaciones solares son en general fácilmente modulables, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada según las necesidades.

Otro aspecto de gran importancia con respecto a la generación solar termoeléctrica es la posibilidad de almacenamiento, lo que supone una importante ventaja respecto a otras energías como la eólica. Y en la medida en que se desarrollen sistemas de almacenamiento más eficaces, esta ventaja podría llegar a convertirse en una de las claves para la utilización masiva de este tipo de energía.

En cuanto a sus inconvenientes, actualmente la tecnología solar cuenta con una experiencia comercial que es todavía limitada, además de ser más cara que las alternativas basadas en los combustibles fósiles (Tabla 1). Sin embargo, como se aprecia en el Gráfico 1, esta situación cambiará a medio plazo: antes de 2020 el coste de la energía solar será inferior al de los combustibles fósiles, llegando a convertirse en una de las principales fuentes energéticas a nivel mundial y proporcionar un elevado porcentaje del total de electricidad consumida.

Otro problema de la energía solar es el de depender de la radiación solar, lo que provoca cierta variabilidad: no es posible disponer de previsiones totalmente fiables sobre la generación eléctrica de estas instalaciones. Alternativas como los sistemas de almacenamiento en las termoeléctricas o la

In addition, solar installations, in general, can be easily modulated and this means that the power installed can be increased or reduced according to needs.

The possibility of energy storage is another aspect of great importance in relation to solar thermoelectric generation and this represents a major advantage over other sources of energy, such as wind power. And, as more efficient storage systems are developed, this advantage could become one of the keys to massive utilization of this type of energy.

Regarding its disadvantages, commercial experience in solar energy is still limited

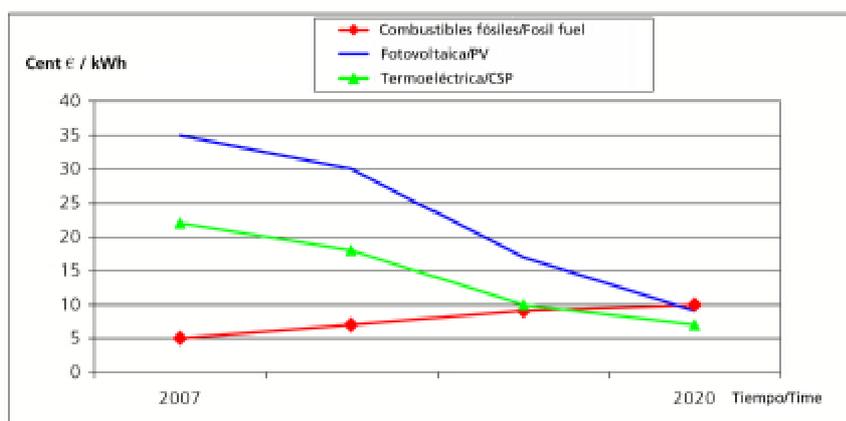
and it is also more costly than fossil fuel-based alternatives (Table 1). Nonetheless, as shown in Graph 1, this situation will change in the medium term: by the year 2020, the cost of solar energy will be lower than that of fossil fuels, and it will become one of the main energy sources worldwide, providing a large percentage of the total electricity consumed.

Another problem with solar energy is its dependence on solar radiation, which results in a certain degree of variability: fully accurate forecasts for electricity generation by these facilities cannot be made. Alternatives such as storage systems at thermoelectric plants or hybridization with other energy sources at combined cycle power plants can help to mitigate this problem. In any event, this leads to the need to use different technologies in different regions, depending on the

	Fotovoltaica (panel de Si) Photovoltaics (Si panel)		Solar termoeléctrica Solar thermoelectric		
	Tejado Roof	Planta Plant	CCP Trough	Torre Tower	Disco Dish
Tamaño típico de la planta Average plant size	Decenas de kW	100 kW – 10 MW	50 MW	20 – 30 MW	Decenas de kW
Inversión (Millones €) Investment (Million €)	6 – 8	6 – 7	4	4	6 – 8
Coste €/kWh Cost €/kWh	0,4	0,3	0,18 – 0,23	0,2 – 0,25	> 0,40

**Tabla 1. Tamaños, inversiones y costes de los diferentes tipos de instalaciones solares.**

**Table 1. Size, investment and cost of the different types of solar installations.**



**Gráfico 1. Evolución prevista de los costes de generación eléctrica para las tecnologías fotovoltaicas y de concentración frente a los combustibles fósiles.**

**Graph 1. Forecast of the evolution of electricity generation costs for photovoltaic and concentration technologies with respect to fossil fuels.**

# Energía Solar para Generación Eléctrica

## Solar Energy for Electricity Generation

hibridación con otras fuentes de energía en centrales de ciclo combinado, pueden ayudar a mitigar este problema. En cualquier caso, esto lleva a la necesidad de emplear tecnologías diferentes en distintas regiones, según las características de cada una. Así, en zonas de alta radiación, la generación termoeléctrica alcanzará una gran relevancia en los próximos años. No olvidemos lo mencionado al principio del artículo: instalando colectores solares en apenas el 0,5% de los desiertos cálidos, satisfaceríamos las necesidades energéticas del mundo entero. En otras regiones la tecnología fotovoltaica (especialmente la basada en las investigaciones actuales) supondrá un elevado porcentaje de la generación eléctrica.

### La I+D+i en energía solar

Una de las claves para que lo expuesto a lo largo de este artículo llegue a convertirse en realidad es, precisamente, el desarrollo tecnológico. Sin un importante esfuerzo en I+D+i resultará difícil que la energía solar alcance las expectativas que se tienen sobre ella. Sin embargo, actualmente el apoyo a la investigación en este campo es bastante limitado.

Con respecto a las principales líneas de trabajo en el campo de la termoeléctrica, la investigación se centra en cuatro áreas: desarrollo de torres solares de alta temperatura, colectores cilíndricos parabólicos con nuevos fluidos transmisores de calor, mejora de los sistemas de disco parabólico y desarrollo de sistemas de almacenamiento más eficaces que permitan la generación eléctrica en momentos en los que la radiación solar es insuficiente.

En el campo de la fotovoltaica actualmente se trabaja en el desarrollo de la llamada tecnología de thin film, basada en compuestos como el silicio amorfo, el CIGS (Cobre Indio Galio Diselenido) y TeCd (Telurio de Cadmio). También se está investigando la tecnología fotovoltaica de alta concentración.

Otra importante línea de investigación se encuentra en el uso combinado de las tecnologías fotovoltaica y termoeléctrica.

### Conclusiones

La energía solar constituye una de las fuentes de energías renovables con mayor potencial de crecimiento en los próximos años. La tecnología está ya probada y resulta viable, al contrario de lo que ocurre con otras fuentes renovables, lo que unido a los avances técnicos que se están produciendo permite augurarle un futuro prometedor.

En resumen, no es aventurado afirmar que estamos ante la solución energética del futuro: una energía limpia, almacenable y, a medio plazo, más barata que los combustibles fósiles.

characteristics of each one. Thus, in areas with a high level of radiation, thermoelectric generation will take on great importance in the coming years. Let us not forget what was mentioned at the beginning of the article: by installing solar collectors on a mere 0.5% of the world's hot deserts, we would meet the energy needs of the entire world. In other regions, photovoltaic technology (especially that based on current research) will entail a high percentage of electrical generation.

### R+D+i in solar energy

One of the keys to ensuring that what is set forth in this article becomes a reality is, precisely, technological development. It will be difficult for solar energy to meet expectations without considerable R+D+i effort. Support for research in this field, however, is currently quite limited.

As far as the main lines of activity in the thermoelectric field are concerned, research is focused on four areas: the development of high-temperature solar towers, Trough with new heat transmitter fluids, improvement of parabolic dish systems and development of more efficient storage systems that allow electricity generation at times when there is not enough solar radiation.

Work is currently underway in the photovoltaic field on developing the thin film technology based on compounds such as AsGA (Arsenic Gallium), CiGS (Copper Indium Gallium Selenide), and TeCd (Cadmium Telluride). Research is also being conducted on high-concentration photovoltaic technology.

The combined use of photovoltaic and thermoelectric technologies represents another important line of research.

### Conclusions

Solar energy is one of the renewable energy sources with the greatest growth potential for the coming years. The technology has been proven and is viable, which is not the case with other renewable sources, and this, together with the technical advances that are being made, allow prediction of a promising future.

In short, it would not be too adventurous to say that we are at the threshold of the energy of the future: a clean and storable energy that is going to be, in the medium term, cheaper than fossil fuels.

### Introducción

La energía eólica se obtiene por medio del viento, es decir, mediante el aprovechamiento de la energía cinética de las corrientes de aire. En la actualidad se utiliza principalmente para mover aerogeneradores, en los que el viento mueve una hélice que, mediante un sistema mecánico, hace girar el rotor de un generador que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.

Como se observa en el Gráfico 1, se ha producido un crecimiento exponencial de la capacidad eólica instalada desde 1997, siendo las previsiones para 2010 de 160 GW. Esta capacidad instalada implica una tasa de crecimiento del 25% en 2006, después del 24% registrado en el año 2005. La capacidad actual instalada genera más del 1% del total de energía eléctrica en el mundo.

A la cabeza del mundo se sitúa Alemania (20 622 MW instalados a finales de 2006), seguida de España (11 615 MW) y EEUU (11 603 MW).

### La tecnología eólica

Como en la mayoría de las energías renovable, la energía eólica proviene en última instancia del sol: un pequeño porcentaje de la energía solar que recibe la tierra calienta el aire de manera desigual dependiendo de la zona (el calentamiento es máximo en las regiones próximas al ecuador), lo que unido a la rotación de la tierra genera las corrientes de aire.

Existen principalmente dos tipos de instalaciones eólicas. Las instalaciones aisladas, cuya finalidad suele ser generar electricidad para autoconsumo y que para disminuir la incertidumbre asociada a la variabilidad del viento pueden ir combinadas con placas solares fotovoltaicas. Y los parques eólicos, formados por numerosos aerogeneradores capaces de producir electricidad suficiente para su comercialización. Es posible distinguir un tercer

### Introduction

Wind power is obtained by harnessing the energy in the wind; in other words, by exploiting the kinetic energy of air currents. It is currently used, mainly, to power wind turbines, in which the wind moves a propeller which, through a mechanical system, turns the rotor of a generator that produces electricity. To make their installation profitable, the turbines are usually grouped into

concentrated collections called wind farms.

As shown in Graph 1, there has been explosive growth in installed wind power capacity since 1997, with forecasts for 2010 at 160 GW. This installed capacity implies a 25% growth rate in 2006, following that of 24% registered in 2005. The current installed capacity generates

over 1% of the world's total electricity.

Germany leads world rankings with 20,622 MW installed at the end of 2006, followed by Spain with 11,615 MW, and the U.S. with 11,603 MW.

### Wind power technology

As with most renewable energy sources, in the end the sun is the origin of wind power: a small percentage of the solar energy the earth receives heats the air in an unequal fashion, depending on the area (maximum heating occurs in regions close to the equator), and this, together with the earth's rotation, generates air currents.

There are mainly two types of wind facilities. Isolated facilities, the aim of which is usually to generate electricity for self-consumption and which, in order to reduce the uncertainty associated with wind variability, can be combined with solar photovoltaic panels. And wind farms, made up of numerous wind turbines capable of producing sufficient electricity for commercialization. A third type

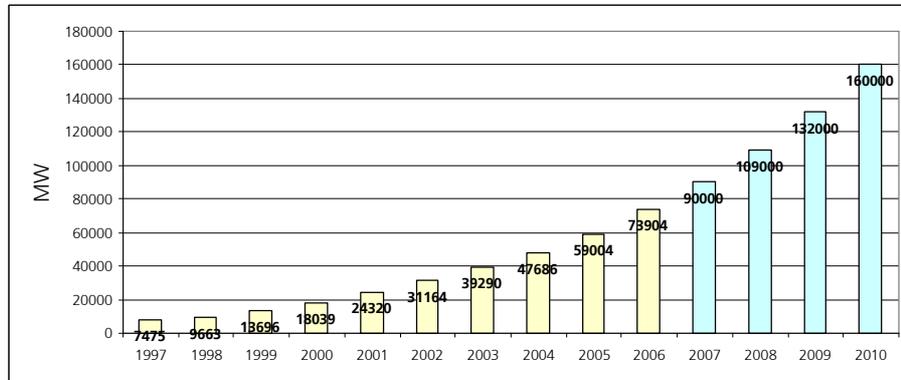


Gráfico 1. Capacidad eólica instalada en el mundo (datos reales y previsiones 2007-2010).

Graph 1. Wind power capacity installed worldwide (actual data and forecasts for 2007-2010).

## Energía Eólica

### Wind Power

tipo, que serían las instalaciones marinas u «offshore», aunque en la actualidad apenas supone un porcentaje marginal de la generación eólica.

#### Los aerogeneradores

Existen muchos tipos de aerogeneradores que pueden clasificarse según distintos criterios: por generador empleado (de corriente continua o alterna), por el eje principal (vertical u horizontal), por el número de palas, etc. Actualmente el aerogenerador más empleado en parques eólicos es el de eje horizontal con generador de corriente alterna (los de continua suelen emplearse en instalaciones aisladas para autoconsumo) y tres palas.

En términos generales, en los aerogeneradores de eje horizontal pueden distinguirse varios elementos :

- Torre. Es el elemento que soporta la góndola y debe ser capaz de resistir el empuje del viento.
- Sistema de captación. Está compuesto por un número variable de palas.
- Sistema de transmisión. Permite el acoplamiento entre el sistema de captación y el sistema de generación.
- Góndola. Es el elemento en cuyo interior se encuentra el generador y los elementos de control, incluido el sistema de orientación, que mantiene el rotor correctamente orientado con respecto al viento.

#### Los parques eólicos

La construcción de un parque eólico suele ser un proceso relativamente largo. Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), desde que se inicia el proyecto hasta que el parque está en disposición de generar energía eléctrica para su comercialización, pueden pasar unos cinco años. El diseño del parque dependerá de las condiciones del viento, las características del terreno, la tecnología empleada y las condiciones impuestas por los órganos responsables de su aprobación, aunque, en términos generales, un parque eólico debe contar con varios elementos:

can also be taken into consideration, which are marine or offshore facilities; however, at present, their contribution to wind generation represents only a marginal percentage.

#### Wind turbines

There are many different types of wind turbines that can be classified according to different criteria: by the type of generator employed (direct or alternating current), by main axis (vertical or horizontal), by the number of blades, etc. At present, the most frequently used wind turbine on wind farms is the three-blade horizontal axis type with an alternating current generator (those with a direct current generator are usually employed at isolated facilities for self-consumption).

Various elements can generally be seen in horizontal-axis wind turbines (Figure 5):

- Tower. The element that supports the gondola and must be capable of withstanding the thrust of the wind.
- Capturing system. It is made up of a variable number of blades.
- Transmission system. It allows connection between the capturing system and the generation system.
- Gondola. The element that houses the generator and the control elements, including the orientation system that keeps the rotor oriented properly with respect to the wind.

#### Wind farms

The construction of a wind farm usually entails a long process. According to the Institute for Energy Diversification and Saving (IDAE), it can take up to five years from project start-up to completion, when the farm is ready to generate electricity for commercialization. The design of the wind farm will depend on wind conditions, features of the terrain, the technology employed and conditions imposed by the authorities in charge of its approval, although, generally, a wind farm must include several elements:



**Figura 4. Parque eólico en la Sierra de la Capelada de San Andrés de Teixido a Pedra.**

**Figure 4. The San Andrés de Teixido a Pedra wind farm in the Capelada mountain range.**

## Energía Eólica

### Wind Power

- Terreno. Una de las ventajas de este tipo de instalaciones es que es posible continuar aprovechando el suelo para otros usos agrícolas y ganaderos.
- Aerogeneradores, alineados de forma perpendicular a la dirección dominante de los vientos.
- Infraestructura eléctrica para recoger la energía generada y transportarla hasta las líneas de transporte o distribución.
- Infraestructura de control, que recibe y analiza todos los datos de funcionamiento del parque. Suele estar presente en instalaciones de cierto tamaño.
- Almacén para guardar herramientas, repuestos, consumibles, aceite usado de los aerogeneradores, etc.

#### Instalaciones marinas u offshore

Aunque la capacidad instalada en el mar supone todavía un porcentaje pequeño del total de la energía eólica, actualmente y debido a su potencial se trabaja en la investigación y el desarrollo de este tipo de instalaciones.

Las instalaciones marinas presentan ciertas ventajas con respecto a los parques eólicos convencionales. En primer lugar, la rugosidad superficial es menor que en medios terrestres y no existen obstáculos que puedan disminuir la velocidad del viento. Además, el recurso eólico es mayor y menos turbulento que en tierra. Por otra parte, al disponer de grandes espacios alejados de los núcleos de población, es posible construir grandes instalaciones sin generar problemas de contaminación acústica ni de impacto visual.

Sin embargo, existen también ciertas dificultades asociadas a este tipo de instalaciones. Los costes de construcción son mayores debido a que la evaluación del potencial eólico resulta más caro que en tierra, a la necesidad de establecer líneas eléctricas para el transporte de energía, a la dificultad del trabajo en el mar, a problemas derivados de la corrosión, etc.

- Terrain. One of the advantages of this type of facility is that the land can continue to be used for agricultural or livestock.
- Wind turbines, aligned perpendicular to the prevailing wind direction.
- Electric infrastructure to collect the energy generated and then transport it to the transmission or distribution lines.
- Control infrastructure, which receives and analyzes the farm's operating data. It is usually seen at facilities of a certain size.
- Storehouse for tools, spare parts, consumables, used oil from the wind turbines, etc.



Figura 6. Parque eólico marino del puerto de Bilbao.

Figure 6. Port of Bilbao marine wind farm.

#### Marine or offshore facilities

Although the installed capacity at sea still represents only a small percentage of total wind energy, research and development are currently being carried out on these types of facilities due to their potential.

Marine facilities have certain advantages over conventional wind farms. First, there is less surface roughness than on land and there are no obstacles that might

reduce the velocity of the wind. In addition, the wind resource is more abundant and less turbulent than on land. Furthermore, as extensive areas far from populated areas are available, large facilities can be constructed without causing acoustic contamination or visual impact problems.

Nevertheless, there are also certain difficulties associated with these types of facilities. Construction costs are higher due to evaluation of wind potential being more costly than on land, the need to install power lines for energy transportation, the difficulty of working at sea, and problems deriving from corrosion, etc.

## Energía Eólica

### Wind Power

#### Ventajas e inconvenientes de la energía eólica

Una de las ventajas principales de la energía eólica es que al no requerir combustión genera muy pocas emisiones contaminantes, y al tratarse de instalaciones fácilmente reversibles (pueden retirarse sin apenas dejar huella) su impacto ambiental es mínimo. Además, se trata de una tecnología madura con costes competitivos.

Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines (p. ej.: zonas desérticas o laderas demasiado empinadas para usos agrícolas) o compartido con otros usos (ganadero o cultivos bajos). Por otra parte, su utilización combinada con otros tipos de energía permite la alimentación de viviendas. Por último, este tipo de energía contribuye a la creación de puestos de trabajo y a disminuir la dependencia energética del exterior.

Su principal inconveniente es la falta de sistemas de predicción fiables que permitan conocer con exactitud la generación eléctrica que se puede obtener. Esto, unido a la variabilidad del viento, hace que la energía eólica no pueda ser utilizada como única fuente de energía, a menos que se utilicen sistemas de almacenamiento. Además, esta variabilidad puede generar problemas de inestabilidad en la red eléctrica.

Al mismo tiempo, la producción eléctrica queda algo desacoplada con respecto al consumo: en días de mucho calor hay escasez de viento y por tanto habrá poca generación eléctrica, mientras que en países desarrollados la demanda es elevada por el uso de aires acondicionados.

También presenta el problema del impacto visual de los parques eólicos y la alteración de la fauna, principalmente aves, que pueden impactar con los aerogeneradores (aunque en la actualidad se están desarrollando sistemas para prevenir este tipo de problema).

#### La I+D+i en energía eólica

En general es posible afirmar que la I+D en energía eólica se estructura en torno a cinco grandes pilares:

1. Mejora de la tecnología para disminuir los costes de instalación, operación y mantenimiento. Esto incluye investigación en aerodinámica básica, búsqueda de nuevos emplazamientos (p.ej.: instalaciones marinas), etc.
2. Desarrollo de soluciones para el uso a gran escala de la energía eólica.
3. Disminución de la incertidumbre asociada a este tipo de energía, desarrollando modelos predictivos fiables de los recursos eólicos.
4. Desarrollo de sistemas de almacenamiento eficaces.
5. Minimización del impacto medioambiental de las instalaciones eólicas.

#### Advantages and disadvantages of wind power

One of the main advantages of wind power is that, as combustion is not required, it generates very few contaminating emissions and, as they are easily reversible facilities (they can be removed, leaving hardly a trace), their impact on the environment is minimal. Furthermore, wind power is a mature, cost-competitive technology.

It can be installed on sites that are not suitable for other purposes (e.g. desert areas or hillsides that are too steep for agricultural use), or it can share land for other uses (livestock or short crops). Moreover, its utilization, combined with other types of energy, allows self-powering of homes. Finally, this type of energy contributes to creating employment and reducing dependence on imported energy.

Its main disadvantage is the lack of reliable forecasting systems that enable precise knowledge of the electric generation that may be achieved. This, together with the variability of the wind, means that wind power cannot be used as a sole energy source unless storage systems are utilized. In addition, this variability can cause power grid instability problems.

At the same time, the production of electricity does not go hand in hand with consumption: on very hot days there is a lack of wind and, therefore, there is little electricity generation, while in developed countries demand is high due to the use of air conditioning systems.

There is also the problem related to the visual impact of wind farms, alteration of the fauna, mainly birds, that can collide with the wind turbines (although systems to prevent this kind of problem are currently under development).

#### R+D+i in wind power

In general, it can be said that R+D in wind power is structured around five main pillars:

1. Improving technology to reduce installation, operation and maintenance costs. This includes research in basic aerodynamics, the search for new sites (e.g. marine facilities), etc.
2. Developing solutions for large-scale use of wind power.
3. Reducing the uncertainty associated with this type of energy by developing reliable forecasting models for wind resources.
4. Developing efficient storage systems.
5. Minimizing the environmental impact of wind power facilities.

### Conclusiones

La energía eólica es ya una realidad, con una aportación significativa a la generación eléctrica en el conjunto de las energías renovables. Se trata de una tecnología madura con un coste similar al de las energías fósiles, y que en determinadas zonas podría llegar a suponer entre un 20 y un 25% del total de la generación eléctrica.

El principal límite a su crecimiento, como se ha indicado anteriormente, es su variabilidad, que genera problemas de abastecimiento energético en el caso de no contar con fuentes alternativas, así como problemas de inestabilidad en las líneas de transmisión.

### Conclusions

Wind power is a reality and makes a significant contribution to electricity generation within the renewable energy source options. It is a mature technology that costs more or less the same as fossil-based energy and which, in certain areas, could come to represent between 20 and 25% of total electrical generation.

The main restriction on its growth, as pointed out earlier, has to do with its variability, which gives rise to energy supply problems if alternative sources are not available, as well as problems related to transmission line instability.



# Energía Hidroeléctrica

## Hydroelectric Energy

### Introducción

La energía hidroeléctrica se basa en aprovechar la energía que posee el agua al realizar un salto de agua o desplazarse por un desnivel. De hecho el funcionamiento de este tipo de centrales es relativamente sencillo: el agua es conducida mediante una tubería hasta una turbina acoplada a un generador, de manera que el movimiento que se produce en la turbina al pasar el fluido permite generar electricidad.

En la práctica pueden identificarse muchos tipos de centrales hidroeléctricas, aunque una forma especialmente útil de clasificación es en base a la potencia instalada, ya que tanto los costes de la energía generada como el impacto medioambiental dependen en gran medida del tamaño de la instalación. Así encontramos básicamente dos tipos de centrales:

- Grandes hidroeléctricas, que pueden llegar a superar los 6.000 MWe.
- Minihidroeléctricas. Capaces de generar una potencia inferior a 10 MWe. Dentro de esta categoría podemos distinguir a su vez cuatro tipos de centrales: picocentrales, microcentrales, minicentrales y pequeñas centrales.



**Figura 1: Turbina de una central hidroeléctrica**  
**Figure 1: A hydroelectric plant turbine**

### Introduction

Hydroelectric energy is based on taking advantage of the energy that water possesses when falling or moving down sloped terrain. In fact, operation in this kind of plant is relatively simple: water is conducted through a pipe to a turbine connected to a generator, so that the movement produced in the turbine when the fluid goes through it allows the generation of electricity.

In practice, there are many types of hydroelectric plants, although a particularly useful way to classify them is with respect to the installed power output level, as both the costs of the energy generated as well as the environmental impact depend to a great extent on the size of the facility. Thus, we find basically two types of plants:

- Large hydroelectric plants, which can exceed 6,000 MWe.
- Mini-hydroelectric plants. With a power output capacity of under 10 MWe. Within this category there are also four types of plants: peak plants, microplants, miniplants and small plants.

## Energía Hidroeléctrica

### Hydroelectric Energy

---

A día de hoy la hidroeléctrica es la energía renovable más extendida a nivel mundial, y a principios de 2006 la capacidad instalada era de 816 GWe, de los que 750 correspondían a grandes instalaciones hidroeléctricas. Esto implica que cerca del 89% de la potencia eléctrica mundial instalada en base a renovables corresponde precisamente a este tipo de instalaciones.

Lo cierto es que este tipo de energía presenta importantes ventajas, tales como su bajo coste de operación y mantenimiento, aunque como veremos a lo largo de este artículo también plantea ciertos inconvenientes, que dependiendo del tipo de instalación pueden ser más o menos graves.

### Grandes hidroeléctricas

Las grandes centrales hidroeléctricas vienen siendo utilizadas en todo el mundo desde hace años, y una de las principales razones para ello es que resultan bastante rentables. Aunque el coste inicial de la instalación es elevado, sus gastos de explotación y mantenimiento son relativamente bajos. Su principal problema es que, en general, tienen un considerable impacto negativo en la flora y fauna local. Tanto es así que en ocasiones se afirma que este tipo de centrales generan energía renovable pero no "verde", en tanto que no puede considerarse como tal debido precisamente a sus considerables efectos medioambientales.



**Figura 2: Central hidroeléctrica**  
**Figure 2: Hydroelectric plant**

To date, hydroelectricity is the most widespread renewable energy source worldwide, and at the beginning of 2006 installed power output capacity was registered at 816 GWe, of which 750 come from large hydroelectric installations. This means that almost 89% of the world's installed electrical power output with respect to renewable sources corresponds precisely to these kinds of facilities.

Indeed, this kind of energy offers significant advantages, such as low operational and maintenance costs; however, as we shall see throughout this article, it also poses certain problems, which, depending on the type of facility, are more or less serious.

### Large hydroelectric plants

Large hydroelectric plants have been used all over the world for years, and one of the main reasons for this is that they are quite profitable. Although the initial cost of the facility is high, the expenditure in exploitation and maintenance is relative low. Their main problem is that, in general, they have a significant negative impact on local animal and plant life. Indeed, it has sometimes been stated that these kinds of power plants generate energy that is renewable but not "green", in that it cannot be considered as such due precisely to its significant environmental effects.

## Energía Hidroeléctrica

### Hydroelectric Energy

En términos muy generales, es posible distinguir dos tipos diferentes de centrales hidroeléctricas.

- La primera de ellas suele denominarse “aprovechamiento por derivación de agua”, y consiste básicamente en desviar el agua del río mediante una pequeña presa hasta un depósito (cámara de carga). De aquí pasa a una tubería y a la sala de máquinas de la central en donde se utiliza para mover la turbina.
- El segundo tipo, y quizá el más conocido por los profanos, es el llamado “aprovechamiento por acumulación de agua”. Está basado en la construcción de una presa de tamaño considerable, de manera que el agua queda embalsada a un nivel superior al de la central. Es este diferencial de alturas el que se aprovecha para mover la turbina y generar electricidad.

### Centrales minihidroeléctricas o minihidráulicas

El segundo tipo de centrales que mencionábamos son las minihidroeléctricas o minihidráulicas. Estas instalaciones se localizan normalmente en lugares de caudales moderados y saltos de agua pequeños, por lo que no es posible la construcción de una gran hidroeléctrica. Como ya se comentó, y en base a la potencia instalada, es posible diferenciar cuatro variedades distintas de este tipo de central

- Pico centrales, cuya potencia es inferior a 5 kWe
- Micro centrales. Es el siguiente tipo de central, y su límite superior se encuentra en los 100 kWe
- Mini centrales, que pueden alcanzar los 1.000 kWe
- Pequeñas centrales, cuya potencia máxima es de 10.000 kWe

Al margen de esta clasificación basada en la potencia, también es posible distinguir al menos dos tipos diferentes de instalaciones según su esquema de funcionamiento: las centrales de agua fluente, que no disponen de regulación por lo que el caudal varía en función del régimen hidrológico anual, y las centrales de flujo regulado, en las que es posible regular el agua a través de un pequeño depósito.



**Figura 3: Central minihidroeléctrica**  
**Figure 3: Mini-hydroelectric plant**

In broad terms, there are two different kinds of hydroelectric plants.

- The first type is usually referred to as “water derivation employment”, and consists basically of diverting river water by means of a small dam to a reservoir (load chamber). From here it goes to a pipe and to the plant’s engine room, where it is used to drive the turbine.
- The second type, which is perhaps most familiar to the uninitiated, is called “water accumulation employment”. It is based on the construction of a fairly large dam, so that the water is dammed at a higher level than that of the plant itself. What drives the turbine to generate electricity is precisely this difference in height.

### Mini-hydroelectric or mini-hydraulic plants

The second kind of plant that we mentioned are mini-hydroelectric or mini-hydraulic plants. These facilities are usually located in places with moderate river flow and small waterfalls, and for this reason it is not possible to build a large hydroelectric plant. As has already been pointed out, and depending on the installed power output level, four varieties of this kind of plant can be described:

- Peak plants, with a power output level below 5 kWe
- Microplants. It is the next type of plant, and its upper limit is found at 100 kWe
- Mini-plants, which can reach up to 1,000 kWe
- Small plants, with a maximum power output of 10,000 kWe

Apart from this power output-based classification, it is also possible to discuss at least two different facilities according to their operating scheme: flowing water plants, which cannot be regulated, thus water flow varies according to the annual hydrological regime, and regulated flow plants, in which water can be regulated by means of a small tank.

# Energía Hidroeléctrica

## Hydroelectric Energy

### Ventajas e inconvenientes de la energía hidráulica

Aunque ya se han comentado algunas de ellas, las principales ventajas de las instalaciones hidroeléctricas son las siguientes:

- Bajos costes de operación y de mantenimiento. Además estas centrales tienen una mayor vida útil que las plantas de carbón y las nucleares.
- Se evitan inundaciones por regular el caudal.
- Se emite muy poco dióxido de carbono.
- Los embalses se pueden utilizar para realizar actividades de recreo.

Sin embargo sus inconvenientes pueden ser importantes, especialmente en las grandes hidroeléctricas:

- En general, alto coste y tiempo de construcción
- Impacto visual negativo.
- Graves consecuencias para la diversidad biológica:
  - El agua embalsada no tiene las mismas propiedades que el agua que fluye por el río. Esto incide negativamente en la flora y la fauna local.
  - Los embalses interrumpen la migración de peces.
  - La inundación del terreno tras la presa para formar el depósito desplaza a pobladores y destruye áreas extensas de terrenos agrícolas

### Conclusiones

La energía hidroeléctrica es casi la única energía renovable que está seriamente cuestionada desde el punto de vista medioambiental, en tanto que como ya se ha comentado, ha veces se la denomina "renovable pero no verde". Tan sólo las centrales mareomotrices, de las que se hablará en otro artículo de esta revista, presentan una problemática similar. Sin embargo la importancia de este tipo de instalaciones en el panorama energético mundial es difícilmente cuestionable, no sólo porque supone cerca del 89% de la potencia eléctrica instalada en base a renovables, sino porque sus costes son sustancialmente más bajos que los de otras energías limpias.

### Advantages and disadvantages of hydraulic energy

Although some have already been mentioned, the main advantages of hydroelectric facilities are the following:

- Low operational and maintenance costs. These plants, moreover, have a longer useful life than coal or nuclear plants.
- Flooding is prevented by regulating water flow.
- Very little carbon dioxide is emitted.
- Dams can be used for recreational activities.

Nevertheless, its disadvantages can be significant, especially in the case of large hydroelectric plants:

- In general, high cost and increased building time.
- Negative visual impact.
- Serious consequences for biological diversity:
  - Dammed water does not have the same properties as the water that flows through the river. This has a negative impact on local plant and animal life.
  - Dams interfere with fish migration.
  - Flooding of the land behind the dam to create the tank forces inhabitants to leave the area and destroys extensive areas of farmland.



Figura 4: Central hidroeléctrica  
Figure 4: Hydroelectric plant

### Conclusions

Hydroelectric energy is practically the only renewable energy source that is seriously being questioned from an environmental standpoint, so much so that, as we have already mentioned, at times it has been called "renewable yet not green". Only tidal plants, which will be addressed in another article in this report, pose similar problems. However, the significance of these kinds of facilities in the world's energy panorama is hardly questionable, not only because they represent close to 89% of the installed electric power output with respect to renewable sources, but rather because their costs are substantially lower than those of other clean energy sources.

# Energías Renovables Incipientes para Generación Eléctrica

## Emerging Renewable Energy Sources for Electricity Generation

### Introducción

A lo largo de este artículo trataremos dos energías renovables que, pese a hallarse todavía en un estado de desarrollo incipiente, presentan un considerable potencial de crecimiento a largo plazo. La primera de ellas, la energía de mares y océanos, se basa en el aprovechamiento de la energía contenida en grandes superficies de agua. La segunda, la energía geotérmica, se obtiene de aprovechar la diferencia de temperatura existente entre el interior de la tierra y su superficie.

En ambos casos existe una considerable cantidad de tecnologías alternativas que pueden ser empleadas para generar electricidad. Veamos cuáles son estas posibilidades.

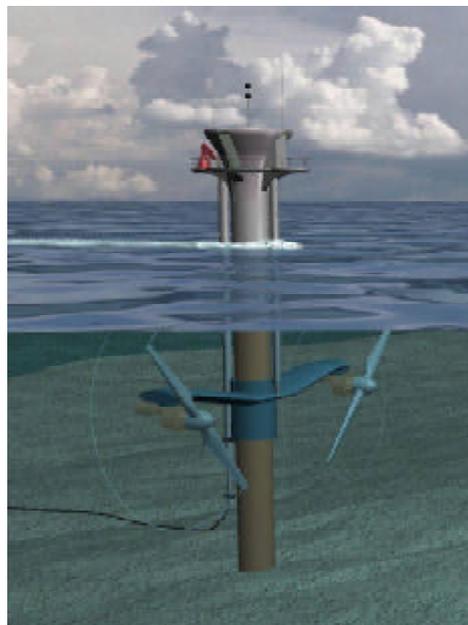
### Energía de mares y océanos

Según el informe «Renewables 2005 Global Status Report», del Worldwatch Institute, la capacidad instalada a nivel mundial a finales de 2004 era de 0,3 GW. En comparación con el resto de las renovables, las investigaciones para obtener energía de los mares y océanos se encuentran todavía en una fase preliminar, aunque su potencial es muy alto ya que cualquier país con costa podría utilizarla.

### Tecnologías

Existen gran cantidad de tecnologías alternativas, aunque las más relevantes en la actualidad son las que se detallan a continuación.

**Corrientes marinas.** La generación de energía eléctrica mediante el uso de las corrientes marinas se basa en la colocación de turbinas, similares en cierto sentido a las del viento, que utilizan dichas corrientes para generar electricidad. Presenta la ventaja con respecto a las turbinas eólicas de que las corrientes marinas son más predecibles que los vientos, aunque, en la actualidad, sólo existe información sobre las corrientes en determinadas zonas del planeta. Sin embargo, la velocidad mínima de las corrientes para que sea factible su aprovechamiento energético es de 1,5 m/s, lo que limita su utilización.



**Figura 1. Aprovechamiento de las corrientes marinas mediante turbinas.**  
**Figure 1. Capturing marine currents by means of turbines.**

### Introduction

Throughout this article, we will address two types of renewable energy that, in spite of being at the early developmental stage, offer considerable growth potential in the long term. The first is sea and ocean energy, based on harnessing the energy contained in large masses of water. The second is geothermal energy, which is obtained by exploiting the difference in temperature that exists between the earth's core and its surface.

In both cases, there are a considerable number of alternative technologies that may be employed to generate electricity. Let us take a look at these possibilities.

### Sea and ocean energy

According to the "Renewables 2005 Global Status Report" by the Worldwatch Institute, installed power output capacity installed worldwide was 0.3 GW at the end of 2004. In comparison to the rest of the renewable energy sources, research into obtaining energy from seas and oceans is still in the preliminary stage, even though it has great potential, given that any country with a coastline could utilize it.

### Technologies

There are numerous alternative technologies, although those listed below are currently the most relevant.

**Marine currents.** The generation of electricity by means of the use of marine currents is based on the installation of turbines that are somewhat similar to wind turbines, which utilize the currents to generate electricity. The advantage over wind turbines is that sea currents are more predictable than the winds, although only information on currents in certain areas of the world is available at present. However, the minimum velocity that currents must reach to make their capture for energy employment feasible is 1.5 m/sec, which limits their use.

## Energías Renovables Incipientes para Generación Eléctrica Emerging Renewable Energy Sources for Electricity Generation

**Energía mareomotriz.** La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar la diferencia de altura media de los mares (mareas). El sistema consiste en aprisionar el agua en el momento de la marea alta y liberarla, obligándola a pasar por las turbinas, durante la marea baja. Su principal inconveniente es que la instalación y mantenimiento de este tipo de centrales resulta compleja y cara, además de que genera un impacto considerable en la flora y fauna local.

**Energía undimotriz.** Es la energía producida por el movimiento de las olas. Existe una cantidad considerable de mecanismos para su aprovechamiento, entre los que destacan los siguientes:

- Boyas oscilantes. La elevación y la bajada de las olas hace a la boya moverse libremente hacia arriba y hacia abajo. El rozamiento mecánico resultante que se produce en el interior de la boya activa el generador eléctrico, y la corriente generada se transmite a tierra vía un cable subacuático.
- El sistema Pelamis. Basado también en boyas pero de un tipo diferente. Consta de una estructura articulada que dispone en sus nodos de unión de un sistema hidráulico. Los movimientos de torsión de las secciones del Pelamis bombean aceite hidráulico en las articulaciones, y este líquido hidráulico mueve un alternador que genera electricidad.
- Una chimenea instalada en el lecho del mar permite la entrada de las olas a través de una abertura cerca de su base. Al subir y bajar las olas, la altura de la columna de agua que contiene sube y baja también. Cuando el nivel del agua sube, el aire es forzado hacia arriba y afuera a través de una turbina que gira e impulsa el generador. Al volver a caer, el aire es succionado de vuelta para llenar el vacío resultante, y el turbogenerador es activado nuevamente.



**Figura 2. Central mareomotriz de la Rance (Francia). 240 MW.**  
**Figure 2. Rance tidal power plant (France). 240 MW.**

**Tidal energy.** Tidal energy is obtained by using the average height difference of the seas (tides). The system consists of capturing water during high tide and releasing it, while forcing it to pass through turbines during low tide. The main drawback is that installation and maintenance of this type of plant is complex and costly, and they also have a considerable impact on local plant and animal life.

**Wave power.** It is the energy produced by the movement of the waves. There are a considerable number of mechanisms that can be used to harness the energy, among which the following stand out:

- Oscillating buoys. The rise and fall of the waves makes the buoy move up and down freely. The resulting mechanical friction produced inside the buoy activates the electric generator, and the generated current is transferred to shore by means of a submarine cable.
- The Pelamis system. Also based on buoys, but of a different type. It consists of an articulated structure with a hydraulic system on its hinged joints. The torsion movements of the Pelamis sections pump hydraulic oil in the articulations and this hydraulic liquid drives an alternator that generates electricity.
- A funnel installed in the seabed allows the waves to enter through an opening close to its base. As the waves rise and fall, the height of the water column inside rises and falls as well. When the level of the water rises, air is forced upward and out through a turbine that turns and drives the generator. When it falls again, the air is sucked back to fill the resulting vacuum and the turbogenerator is reactivated.



**Figura 3. Aprovechamiento de la energía undimotriz mediante el sistema Pelamis.**

**Figure 3. Harnessing wave power by means of the Pelamis**

# Energías Renovables Incipientes para Generación Eléctrica

## Emerging Renewable Energy Sources for Electricity Generation

**Energía mareomotérmica u OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion).** Está basada en la utilización de la diferencia de temperatura que existe entre la superficie y las aguas profundas del océano, empleando un motor térmico para transformar dicha diferencia en energía eléctrica. Su aplicación está limitada a las regiones donde existe una diferencia de temperaturas suficiente como para que el sistema sea viable técnica y económicamente, lo que implica que en la práctica sólo pueda ser utilizado actualmente en determinadas regiones.

### Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas de la energía de mares y océanos son las siguientes:

- No genera emisiones contaminantes y, en general, tiene un bajo impacto ambiental (con la excepción de la generación mareomotriz).
- Como casi todas las energías renovables, produce menor dependencia del exterior para el abastecimiento de energía, aunque su uso está limitado a regiones que cuentan con la presencia de grandes masas de agua.
- Crea puestos de trabajo y fomenta el crecimiento económico local.

En cuanto a sus inconvenientes, el principal es que sólo está disponible en determinadas localizaciones. En algunos casos, como el de la energía mareomotriz, genera un efecto negativo sobre la flora y la fauna. También existe el problema del impacto visual y estructural sobre el paisaje costero, así como que las instalaciones pueden presentar problemas de corrosión.

### Energía geotérmica

La capacidad instalada a nivel mundial en generación eléctrica a finales de 2004 era de 8933 MW, habiéndose producido un crecimiento lineal aproximadamente desde 1980. Como se ve en el Gráfico, las previsiones de capacidad instalada para 2010 son de 10 800 MW. Aunque en este artículo nos centraremos precisamente en la generación de electricidad, merece la pena mencionar que la capacidad para usos térmicos a finales de 2004 era de 28 GW.

**Thermowave power or OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion).** It is based on the utilization of the difference in temperature that exists between the ocean's surface and deep waters through the use of a heat engine to transform this difference into electricity. Its application is limited to regions where there is sufficient difference in temperatures to allow the system to be technically and economically feasible. This means that, in practice, it can only be used at present in certain areas.

### Advantages and disadvantages

The main advantages of sea and ocean energy are the following:

- It does not generate contaminating emissions and, in general, has a low impact on the environment (with the exception of tidal generation).
- As in the case of almost all renewable energy sources, it leads to lesser dependence on imported energy supply, although its use is restricted to regions where there are large masses of water.

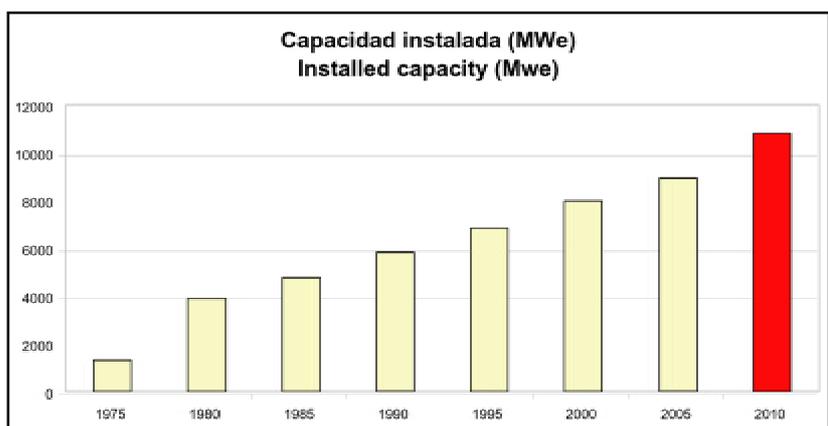
In terms of disadvantages, the main one is that it is only available in specific locations. In some cases, such as that of tidal energy, it

has a negative impact on plant and animal life. Then there is also the problem of visual and structural impact on the coastal landscape, as well as the fact that facilities can experience corrosion problems.

### Geothermal energy

The worldwide electricity generation installed capacity at the end of 2004 was 8,933 MW, having shown linear

growth since around 1980. As can be seen from the graph, forecasts for installed capacity by 2010 show 10,800 MW. Even though we are focused in this article precisely on electricity generation, it is worth pointing out that the capacity for thermal uses was 28 GW at the end of 2004.



**Gráfico 1. Capacidad mundial instalada en energía geotérmica.**  
**Graph 1. Installed geothermal energy capacity.**

### Tecnologías

Existen principalmente dos tecnologías para transformar la energía geotérmica en electricidad.

#### Tecnología geotermoeléctrica

La generación de electricidad es la forma de utilización más importante de los recursos geotérmicos de alta temperatura (> 150°C). El sistema está basado en el calentamiento de un fluido que, posteriormente, se utiliza para mover una turbina, generándose así la energía eléctrica.

#### Tecnología geomagnética

Está basada en la tecnología denominada «Power Tube», y consiste en la instalación de un tubo de potencia de 60 metros de largo, en perforaciones en zonas geotérmicas a una profundidad capaz de captar entre 105° y 175° Celsius. Este tubo capta el calor geotérmico y lo conduce a una caldera que calienta un fluido contenido en la caldera del tubo que se eleva como gas y hace funcionar una turbina y un generador eléctrico. Luego, el gas pasa por dos sistemas de condensación y es enviado nuevamente a la caldera para repetir el ciclo.

Su principal diferencia con las instalaciones geotermoeléctricas convencionales es que no necesita agua ni vapor para funcionar.

#### Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas de la energía geotérmica son las siguientes:

- Los residuos que produce generan menor impacto ambiental que los originados por las energías convencionales.
- Muchas áreas podrían tener acceso a esta energía, sobre todo los países ubicados en el denominado «anillo de fuego» (costas del océano Pacífico).
- Menos dependencia energética del exterior.

Con respecto a sus inconvenientes, tenemos el hecho de que para determinadas aplicaciones no está disponible más que en determinados lugares. En ciertos casos se generan emisiones de sustancias nocivas como ácido sulfhídrico y CO<sub>2</sub> (aunque este último en cantidades inferiores a las que se emitiría para obtener la misma energía por combustión).

### Technologies

There are mainly two technologies for transforming geothermal energy into electricity.

#### Geothermal electric technology

The generation of electricity is the most important way of using high temperature (> 150°C) geothermal resources. The system is based on the heating of a fluid that is subsequently used to drive a turbine, thus generating electricity.

#### Geomagnetic technology

It is based on technology known as Power Tube, and consists of installing a 60-meter-long power tube into boreholes in geothermal areas at a depth where between 105° and 175° Celsius can be captured. The tube captures geothermal heat and transfers it to a boiler that heats a fluid contained in the tube's boiler which is raised as gas and drives a turbine and an electric generator. The gas then passes through two condensation systems and is sent back to the boiler to repeat the cycle.

The main difference from convention geothermal electric facilities is that it does not require water or steam to operate.

#### Advantages and disadvantages

The main advantages of geothermal energy are the following:

- The wastes it generates have a lower impact on the environment than those originating from conventional energy sources.
- Many areas could have access to this energy, especially countries located within the so-called "ring of fire" (Pacific Ocean coasts).
- Decreased dependence on imported energy.

Regarding its disadvantages, the fact remains that it is only available in certain places for certain applications. In some cases, emissions of harmful substances such as sulfhydric acid and CO<sub>2</sub> are generated (although in the case of the latter, in quantities lower than those that would be emitted to obtain the same energy by combustion).

## Energías Renovables Incipientes para Generación Eléctrica

### Emerging Renewable Energy Sources for Electricity Generation

---

#### Conclusiones

Actualmente, la energía de mares y océanos y la energía geotérmica distan de constituir una alternativa energética real, y muchas de las tecnologías asociadas se hallan en fase experimental. Que se pase de la situación actual (porcentaje pequeño en el conjunto de las renovables y uso en regiones muy concretas) a un escenario de mayor difusión va a depender en gran medida de la I+D. En cualquier caso, se trata de alternativas energéticas a largo plazo que van a requerir aún unos periodos de maduración considerables.

#### Conclusions

At the present time, both sea and ocean energy and geothermal energy are a long way from being real energy alternatives, and many of the associated technologies are at the experimental stage. To progress from their current status (as a small percentage in the renewable field with use in very specific regions) to a scenario of more widespread diffusion will depend largely on R+D. In any event, they are energy alternatives for the long term that are going to require considerable time to mature.



### Introducción

La eficiencia energética está relacionada con todo el ciclo energético, desde la generación y transmisión de la energía hasta su distribución y consumo; hace referencia al uso de sistemas y estrategias que permiten reducir las pérdidas asociadas a todas y cada una de estas fases.

Esto supone actuaciones tan dispares como utilizar sistemas de conversión de energía primaria más eficientes, emplear líneas de transporte y distribución con menores pérdidas energéticas, mejorar la conversión de la electricidad en los aparatos destinados al consumo y el fomento de un uso racional de la energía.

Aunque lo anterior se refiere exclusivamente a la eficiencia energética de los sistemas eléctricos, también puede hablarse de eficiencia en el ámbito del transporte a través de la mejora del ciclo termodinámico, del peso, del uso de vehículos híbridos y de las pilas de combustible, etc. Sin embargo, en este artículo nos centraremos en la eficiencia en la distribución eléctrica.

### Eficiencia energética en generación

La eficiencia energética en generación pasa por el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de lograr eficiencias mayores en la conversión de las fuentes de energía primaria en electricidad, así como fomentar una mayor utilización de tecnologías ya existentes que presentan mayores eficiencias.

Por tanto, existen numerosas líneas de actuación posibles, aunque quizá las más importantes sean las siguientes:

- Fomento del uso de centrales de ciclo combinado en países en vías de desarrollo. Este tipo de centrales se basa en la coexistencia de dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema, uno cuyo fluido de trabajo es el vapor de agua y otro cuyo fluido de trabajo es un gas producto de una combustión. Presentan una alta eficiencia, ya que se obtienen rendimientos superiores al de una central de ciclo único, generando además menos emisiones contaminantes. En países desarrollados que ya lo emplean se deberían estudiar técnicas de hibridación con fuentes de energía renovable, como la energía solar térmica.
- Otra posible vía sería la mejora de la eficiencia de los equipos de generación, como las turbinas o las calderas. Se trata de una línea de actuación claramente vinculada a la I+D+i.

### Introduction

Energy efficiency is related to the entire energy cycle, from energy generation and transmission to its distribution and consumption; it refers to the use of systems and strategies that enable the reduction in the losses associated with each and every one of these stages.

This requires activities as disparate as the use of more efficient primary energy conversion systems, use of power transmission and distribution lines with fewer energy losses, enhancement of electricity conversion in devices for consumption and promoting the rational use of energy.

Although the above refers exclusively to energy efficiency in electrical systems, we may also address efficiency in the transportation sector through enhancement of the thermodynamic cycle, weight, use of hybrid vehicles and fuel cells, etc. However, in this article, we will focus on efficiency in electricity distribution.

### Energy-efficient generation

Energy-efficient generation depends on the development of new technologies capable of achieving higher levels of efficiency in converting primary energy sources into electricity, and promoting more widespread use of the most efficient technologies available.

Therefore, numerous lines of activity are possible, although the following are, perhaps, the most important:

- Promoting the use of combined-cycle power plants in developing countries. These types of power plants are based on the coexistence of two thermodynamic cycles in a single system, one whose working fluid is water steam, and another whose working fluid is gas produced through combustion. These plants are highly efficient because they obtain greater output than single-cycle plants and, in addition, generate fewer contaminating emissions. In developed countries in which they are already in use, hybridization techniques using renewable energy sources, such as solar thermal energy, should be considered.
- Improving the efficiency of generation equipment, such as turbines or boilers, is another possibility. This implies a line of activity that is clearly linked to R+D+i.

## Eficiencia Energética

### Energy Efficiency

- Fomentar el desarrollo de sistemas híbridos para mejorar la eficiencia de las energías renovables.
- Fomentar el uso de la cogeneración. La generación conjunta de energía térmica y eléctrica supone una mayor eficiencia, ya que la energía primaria empleada es menor que si hay que producir estas mismas energías por separado. Además, al ser un sistema de generación distribuida, evita pérdidas y costes de transporte y distribución.
- Fomentar la generación distribuida y semidistribuida para evitar la necesidad de transportar la energía con las consiguientes pérdidas, o al menos disminuir la cantidad de energía que es preciso transportar.
- Promoting the development of hybrid systems to improve efficiency of renewable energy sources.
- Promoting the use of cogeneration. Cogeneration of thermal and electric energy results in greater efficiency, as the primary energy used is less than what would be required if these same energies had to be produced separately. Furthermore, as it is a system of distributed generation, it minimizes losses as well as transportation and distribution costs.
- Promoting distributed and semi-distributed generation to avoid the need to transport energy with the resulting losses, or at least to reduce the amount of energy that must be transported.

### Eficiencia energética en distribución y transmisión

En la mayor parte de los casos es necesario transportar la energía eléctrica desde los centros de generación a los de consumo, proceso que implica determinadas pérdidas. El transporte suele realizarse en alta tensión para minimizarlas, pero aún así se generan mermas. Por ello, es posible llevar a cabo diferentes iniciativas y abrir varias líneas de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías:

- Uso de superconductores en las líneas de transmisión. Los superconductores, al presentar resistencia nula a la corriente eléctrica, evitarían la disipación de energía por el efecto Joule. Sin embargo, aún nos hallamos lejos de contar con la tecnología adecuada para el uso comercial de este tipo de líneas de transmisión, por lo que se trata de un área vinculada a la I+D.
- Construcción de líneas de alta tensión de corriente continua, ya que presentan menores pérdidas de energía que la alterna.
- Mejoras en subestaciones, transformadores, etc. El objetivo sería desarrollar sistemas más eficientes con objeto de minimizar las pérdidas generadas en las operaciones que se realizan en las subestaciones (subida y bajada de tensión, etc.).
- Mejoras en la gestión de las redes, utilizando sistemas que optimicen su operación.
- The use of superconductors on transmission lines. Superconductors have zero resistance to electric current and would therefore prevent energy dissipation by the Joule effect. However, we are still far from possessing suitable technology for commercial use of these types of power lines and, therefore, it is an area linked to R+D.
- The construction of direct current high voltage lines, as there are fewer energy losses than with alternating current.
- Improvements to substations, transformers, etc. The objective would be to develop more efficient systems aimed at minimizing losses generated during operations executed in substations (voltage boosting and bucking, etc.).
- Enhancements in grid management, utilizing systems that optimize their operation.

### Energy-efficient distribution and transmission

In most cases, electricity must be transported from the generating plants to those of consumption, a process that implies certain losses. Transmission is usually carried out at high voltage in order to minimize these losses, but, even so, losses still occur. Thus, different initiatives are possible, and several lines of research could be opened to develop new technologies:

# Eficiencia Energética

## Energy Efficiency

- Certificados blancos. Los sistemas de certificados blancos se han aplicado parcialmente en Italia y el Reino Unido, están en preparación en Francia y en estudio en los Países Bajos. Se trata de sistemas en los cuales los proveedores o los distribuidores están obligados a aplicar medidas de eficiencia energética a los usuarios finales. Estos certificados acreditan el importe ahorrado por tales medidas, especificando un valor energético y una duración, y pueden en principio intercambiarse y negociarse.
- White certificates. White certificate systems have been partially applied in Italy and the United Kingdom, are being prepared in France and are under study in the Netherlands. They are systems under which energy providers or distributors are obliged to apply energy efficiency measures to the end users. These certificates accredit the amount saved by such measures, specifying an energy value and duration and, in principle, they can be exchanged and traded.
- Uso del hidrógeno como vector energético. El hidrógeno, como la electricidad, constituye un medio de transmisión de la energía desde las fuentes primarias hasta los usuarios. Presenta ciertas características que lo convierten en una alternativa muy atractiva para el transporte de energía.
- The use of hydrogen as an energy vector. Hydrogen, like electricity, is a means for transmitting energy from primary sources to users. It has certain features that make it a very attractive alternative for energy transmission.

### Eficiencia energética en consumo

La eficiencia energética en el ámbito del consumo puede enfocarse desde dos ópticas complementarias. La primera es el aumento en la eficiencia de conversión, es decir, el uso de tecnologías que sean capaces de transformar la energía eléctrica en trabajo útil de una manera más eficiente. La segunda sería la concienciación de la sociedad con el consumo energético racional. Veamos con detalle estos dos enfoques.

#### Aumento de la eficiencia de conversión

El aumento en la eficiencia de conversión pasa por el desarrollo y utilización generalizado de tecnologías que permitan reducir de manera significativa el consumo energético. Este concepto puede ser aplicado tanto al ámbito doméstico (alumbrado de bajo consumo, electrodomésticos más eficientes, etc.) como al industrial o del transporte (vehículos más limpios y eficientes, neumáticos con menor fricción, etc.).

A modo de ejemplo, la etiqueta energética (ver Figura 1) que los electrodomésticos vendidos en la Unión Europea deben llevar obligatoriamente indica, entre otros aspectos, el consumo energético.

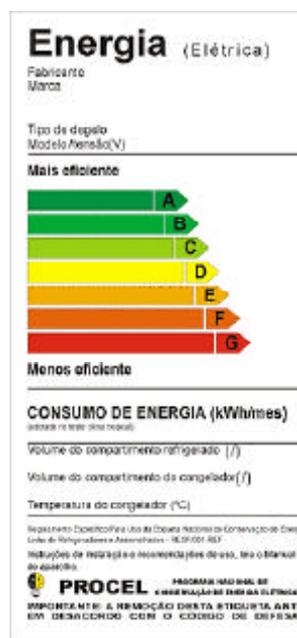


Figura 1. Etiqueta energética de un frigorífico.

Figure 1. Refrigerator energy label.

### Energy-efficient consumption

Energy efficiency in the area of consumption can be approached from two complementary perspectives. The first is the increase in conversion efficiency, that is, the use of technologies capable of transforming electric energy into useful work in a more efficient manner. The second involves making society aware of the need for rational use of energy. Let us take a close look at these two approaches.

#### Increased conversion efficiency

Increased conversion efficiency requires the generalized development and utilization of technologies that allow significant reduction in energy consumption. This concept can be applied to both the domestic sector (low-consumption lighting, more efficient household appliances, etc.) and the industrial and transportation sectors (cleaner and more efficient vehicles, lower friction tires, etc.).

As an example, the energy label (see Figure 1) on household appliances sold in the European Union is required to indicate, among other aspects, their energy consumption.

## Eficiencia Energética Energy Efficiency

### Uso racional de la energía

Probablemente sea esta una de las áreas de actuación con mayor impacto potencial dentro de las posibles iniciativas enfocadas al aumento de la eficiencia energética. A su vez es posible dividirla en tres grandes grupos de iniciativas.

El primero de ellos estaría dirigido a la concienciación ciudadana respecto al ahorro energético, y en él tendrían cabida todo tipo de campañas y proyectos destinados a fomentar entre los consumidores el uso racional de la energía.

El segundo grupo de iniciativas estaría vinculado principalmente al área de la edificación. Según el Libro Verde de la Comisión Europea sobre la seguridad en el abastecimiento de energía, el consumo de energía en edificios se podría reducir por lo menos en una quinta parte utilizando tecnologías energéticamente eficientes ya disponibles y económicamente viables. En este sentido existen ya iniciativas, como GreenBuilding, programa de carácter voluntario comenzado por la Comisión Europea en 2005 y destinado a ayudar a los arrendatarios o propietarios de edificios no residenciales a reducir el consumo energético e introducir energías renovables.

Ejemplo de ello sería el ecoedificio de Abengoa en Palmas Altas (Figura 2), que cuenta con diversos sistemas de eficiencia energética, desde las mediciones ambientales y el uso de placas solares térmicas y fotovoltaicas para la generación de agua caliente y electricidad, hasta el uso de tecnologías novedosas como los discos Dish-Stirling o las pilas de combustible.

Por último, en el área del transporte, también sería posible introducir medidas que incidiesen en un menor consumo: desde la mejora en la organización del tráfico aéreo hasta la optimización del tráfico rodado (principalmente para disminuir las congestiones) o el empleo de medios de transporte más eficientes en el transporte de mercancías (ferroviario, naval, etc.).

### Rational use of energy

This is probably one of the areas for action with the greatest potential for impact within the possible initiatives focused on increasing energy efficiency. It can also be divided into three major groups of initiatives.

The first would focus on making the ordinary citizen aware of the need to save energy, and this would cover all kinds of campaigns and projects aimed at promoting rational use of energy by consumers.

The second group of initiatives would be linked mainly to the building sector. According to the European Commission's Green Book on security in the energy supply, energy consumption in buildings could be reduced by at least a fifth through the use of energy-efficient technologies that are already available and which are economically viable. In this sense, initiatives such as GreenBuilding already exist. GreenBuilding is a voluntary program established by the European Commission in 2005 to help lessees or owners of non-residential buildings to reduce energy consumption and introduce renewable energy sources.

An example of this is Abengoa's eco-building in Palmas Altas (Figure 2), which incorporates several energy-efficiency systems, ranging from environment measuring and the use of solar thermal and photovoltaic panels to produce hot water and electricity, to the use of innovative technologies such as Dish-Stirling dishes and fuel batteries.

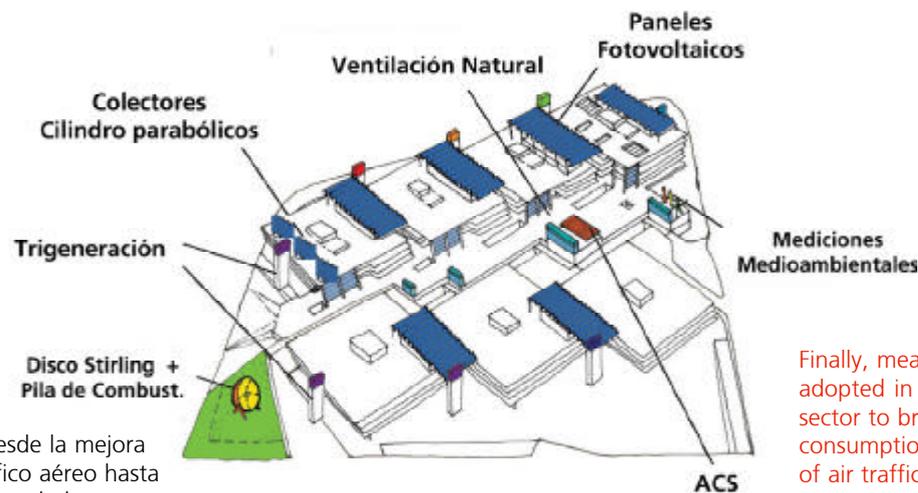


Figura 2. Centro Tecnológico de Palmas Altas (Sevilla).  
Figure 2. The Palmas Altas Technology Center (Seville).

Finally, measures could also be adopted in the transportation sector to bring about lower consumption: from enhancement of air traffic organization to optimization of overland traffic (mainly to reduce gridlocks) or the use of more efficient means of transportation for transporting goods (rail, sea, etc.).

Conclusiones

Como conclusión de todo lo expuesto hasta el momento en este capítulo, es posible afirmar que existe un importante potencial para reducir el consumo energético a corto, medio y largo plazo, con medidas que van desde la concienciación de los consumidores hasta la I+D. A modo de resumen, la Figura 3 sintetiza las principales actuaciones que podrían desarrollarse en cada una de las fases del ciclo energético.

Conclusions

The conclusion arrived at from what has been put forth up to this chapter is that there is significant potential for reducing energy consumption in the short, medium and long term by means of measures ranging from consumer awareness to R+D. To summarize, Figure 3 synthesizes the main activities that could be developed in each one of the phases of the energy cycle.

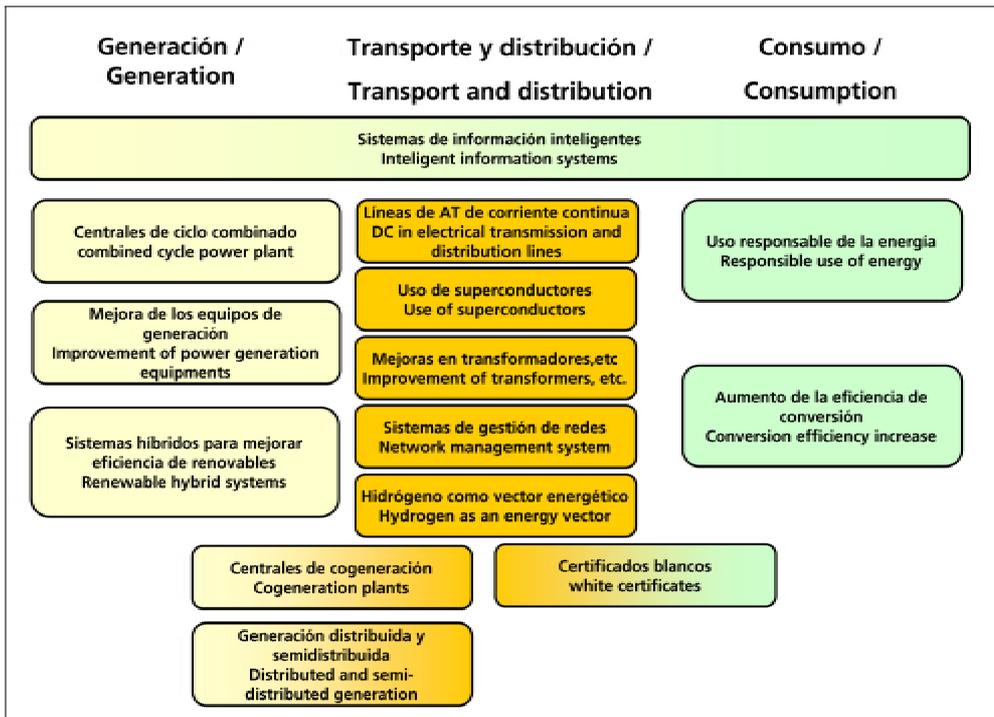


Figura 3: Posibles áreas de actuación para aumentar la eficiencia energética.  
Figure 3: Possible fields of activity to increase energy efficiency.