

# e|núcleo

## Energía y Medio Ambiente

NÚMERO 22 • NOVIEMBRE 2007

### Sumario

#### PÁGINA 2

Cuatro generaciones de reactores

#### PÁGINA 3

De las predicciones a los planes nucleares

#### PÁGINA 4

Noticias de actualidad  
Direcciones web

Es una publicación de:

**Foro Nuclear**  
Foro de la Industria Nuclear Española

## Editorial

**E**n los últimos meses, la preocupación por la seguridad de suministro y la tendencia alcista de los precios de los combustibles se han acrecentado, a la par que se confirma la fuerte demanda de energía en los países en desarrollo, singularmente en los grandes mercados asiáticos. El cambio climático es ahora para la sociedad una amenaza real y se avecina una situación en la que se establecerán nuevas metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se acerca el momento en que las emisiones contaminantes sean gravadas con tasas en amplias zonas del mundo, lo que encarecerá aún más la producción de energía con combustibles fósiles.

Los organismos internacionales dan ya como un hecho que la contribución de la energía nuclear a la generación eléctrica va a crecer, manteniendo el porcentaje actual cercano al 17% e incluso, en escenarios alternativos pero muy plausibles, acercándose al 33% reinante hoy en Europa.

Pero estas instituciones sólo pueden recomendar una configuración de la cesta energética, dejando las decisiones a la iniciativa de cada país y de sus agentes industriales. Ha llegado el momento de pasar de las predicciones y las recomendaciones a la formulación de planes concretos, impulsados por la convicción de las entidades generadoras,

**La seguridad de suministro, el incremento de los precios de los combustibles y el cambio climático motiva la construcción de nuevas centrales nucleares**

nucleares, con riesgos menores de los previstos hasta ahora. Los reguladores se preparan para analizar las solicitudes de autorización que van llegando y la industria se reorganiza para atender un mercado que se estima que tendrá una gran expansión.

En la actualidad están anunciando planes de construcción de centrales nucleares varios países que continuaron los esfuerzos nucleares, como Japón, Corea, China, India, Francia, Finlandia y Rusia; en otros, como Estados Unidos, está teniendo lugar una carrera de solicitudes de emplazamiento y combinadas de construcción-operación, previas a las decisiones definitivas de construcción.

En varios países de la Unión Europea, incluida España, no ha calado aún la necesidad de un nuevo despliegue nuclear, por motivos que poco tienen que ver con la competitividad y con la técnica. Sin embargo, la industria nuclear española contempla la situación actual con gran interés y, desde luego, participa ahora y lo hará mucho más en el futuro en el mercado de suministros y servicios que se configura en distintas partes del mundo. ♦

estatales o privadas, de que la situación energética lo exige. Las entidades financieras están pasando del escepticismo a la consideración seria de que es posible atender un aumento de la demanda de capital para centrales

## BUZÓN DE LOS LECTORES

Curso mi educación preparatoria en Tabasco, México, y me he inclinado mucho por estudiar algo que me lleve a trabajar en las plantas de energía nucleolétricas. Quisiera saber qué carreras son las más requeridas y necesitadas en cualquier planta nuclear del mundo. También me interesaría conocer si esta formación tiene que ver más con la química o la física. Tal vez las dos tengan la misma importancia en el campo nuclear... No lo sé, pero espero su respuesta, ya que me ayudará a organizar un mejor plan de vida y me permitirá ser útil a mí país.

**Andrés Cuevas Padilla**

Soy alumna de la Universidad Politécnica de Valencia en la espe-

cialidad de energía, titulación de Ingeniería Industrial. Para la asignatura de física nuclear tengo que realizar un proyecto sobre el Reactor de Lecho de Bolas (PBMR) y me gustaría saber si desde Foro Nuclear me podrían informar sobre este tema, tanto desde el punto de vista de los aspectos tecnológicos propios de este reactor, así como del proyecto concreto en Sudáfrica.

**C. González**

Me gustaría tener información sobre los datos y efectos positivos de la energía nuclear. La verdad es que me ha costado un poco encontrar información positiva sobre el tema y necesito esta información para un debate que vamos a

celebrar en mi universidad y en el que tengo que defender esta fuente de energía.

**Sandra González**

Soy alumna de 6º curso de la carrera de Ingeniería Civil Industrial y actualmente estoy desarrollando mi trabajo final de carrera que lleva como objetivo el hecho de diagnosticar las condiciones técnicas necesarias para la implementación de una planta nuclear en el norte grande de Chile. Durante el proceso de investigación y profundización del tema conocí el Foro de la Industria Nuclear Española que me ha permitido, entre otros organismos, y a través de su web [www.foronuclear.org](http://www.foronuclear.org) obtener información sobre las centrales nuclea-

res existentes hoy en día, sus aspectos más relevantes y las variables que deben considerarse para una posible utilización de la energía nuclear en un país.

**Carolina Fuenzalida**

He encontrado información sobre las centrales que se suspendieron en España en 1991. En la información que he leído dicen que fueron cuatro las centrales que se suspendieron pero sólo nombran tres (Lemóniz, Valdecaballeros y Trillo II), ¿cuál sería la cuarta central nuclear?

**Raquel Molina**

[elnucleo@foronuclear.org](mailto:elnucleo@foronuclear.org)

Envía tu carta, comentario, sugerencia o crítica a [elnucleo@foronuclear.org](mailto:elnucleo@foronuclear.org)

Los textos destinados a esta sección no deben exceder de 10 líneas y es imprescindible que estén firmados.

el núcleo se reserva el derecho de publicar tales colaboraciones, así como de resumirlas cuando lo considere oportuno.

# Cuatro generaciones de reactores

Las centrales nucleares están dotadas con reactores que han evolucionado considerablemente desde los años 40, cuando Fermi logró en Chicago la primera reacción de fisión en cadena. Los reactores pueden clasificarse en cuatro generaciones, en un continuo proceso de perfeccionamiento:

## Generaciones I y II

A la **Generación I** pertenecen los primeros *prototipos* para uso comercial construidos en Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Francia y la entonces Unión Soviética y, poco después los *demostradores*, algo mayores, del orden de 500 MWe. Los suministradores nucleares mejoraron sus diseños, ofreciendo reactores de mayor potencia, combustible evolucionado, sistemas modernos de control y seguridad, redundancia de equipos y otras características que los hacían más seguros y fáciles de operar. Estos reactores constituyen la **Generación II** y a ella pertenecen prácticamente todas las centrales actualmente en operación. Los titulares de las centrales son empresas responsables, públicas o privadas, que actúan en marcos regulatorios consolidados, y las centrales alcanzan rendimientos y factores de carga excelentes. Esta Generación comprende más de 400 unidades en todo el mundo, con un total de más de 350 GWe. A esta generación pertenecen las centrales nucleares españolas.

La fuerte disminución de la actividad nuclear que sobrevino coincidiendo con Three Mile Island y Chernobil se debió en parte al impacto de estos accidentes en una opinión pública desinformada, desorientada e influida por las organizaciones antinucleares, pero además y sobre todo a razones económicas, como el alargamiento de los plazos de construcción por litigios y moratorias, en un escenario mundial de crisis económica, inflación galopante y tipos de interés muy altos. Bastantes centrales en construcción fueron canceladas y otras sufrieron interrupciones muy costosas.

## Generación III

En varios países importantes se emprendió, mirando al futuro, un esfuerzo muy serio de optimización de la actividad nuclear, para evitar los problemas que habían contribuido al descenso de los años 80 y 90.

Por una parte, los organismos reguladores han hecho una importante simplificación de sus requisitos, estableciendo, en lo posible, normas comunes en los distintos países y se ha instaurado un sistema de certificación de diseños normalizados que eviten conflictos posteriores sobre temas básicos del diseño.

Por otra parte, los suministradores emprendieron un esfuerzo muy intenso de rediseño, incremen-

tando la modularización y sobre todo introduciendo en el diseño modificaciones que confían a fuerzas naturales (gravedad, convección natural) funciones antes asignadas a sistemas y componentes activos (bombas, motores, válvulas) susceptibles de fallo en caso de que tengan que actuar.

Los reactores resultantes, llamados la **Generación III**, están en su mayoría certificados y deben constituir la base de los programas nucleares de los próximos 20-35 años.

A la **Generación III** pertenecen, entre otros, los reactores **EPR**, de agua a presión de unos 1.600 MWe, desarrollado por la franco-alemana Areva NP, el **ABWR** y el **ESBWR**, desarrollados por General Electric, el **AP-1000** de Westinghouse y el **ACR-700**, de agua pesada desarrollado por la canadiense AECL. Actualmente están en construcción dos unidades del **EPR** de 1.600 MWe (en Finlandia y Francia); cuatro **ABWR** de 1.350 MWe funcionan ya en Japón y otros dos están en construcción avanzada en Taiwán. China iniciará en breve la construcción de cuatro unidades **AP-1000** y existen numerosos planes de construcción de reactores de esta generación en varios países. El programa más importante es el de Estados Unidos, cuya puesta en marcha puede constituir la señal de salida para múltiples pedidos en muchos países.

## Generación IV

Para el largo plazo, asegurada ya con los reactores de la Generación III la satisfacción de la demanda de centrales nucleares hasta 2030 y más allá, se presentan nuevas áreas de interés, función del fuerte despliegue nuclear que comenzará de 2030 en adelante.

- Sostenibilidad en cuanto a la seguridad de suministro a largo plazo, que implica el aprovechamiento integral de los recursos de combustible.
- Posibilidad de atender un gran incremento de la demanda eléctrica sin aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, al

generalizarse el uso del vector hidrógeno en el transporte, y del calor para la desalación del agua del mar y aguas salobres.

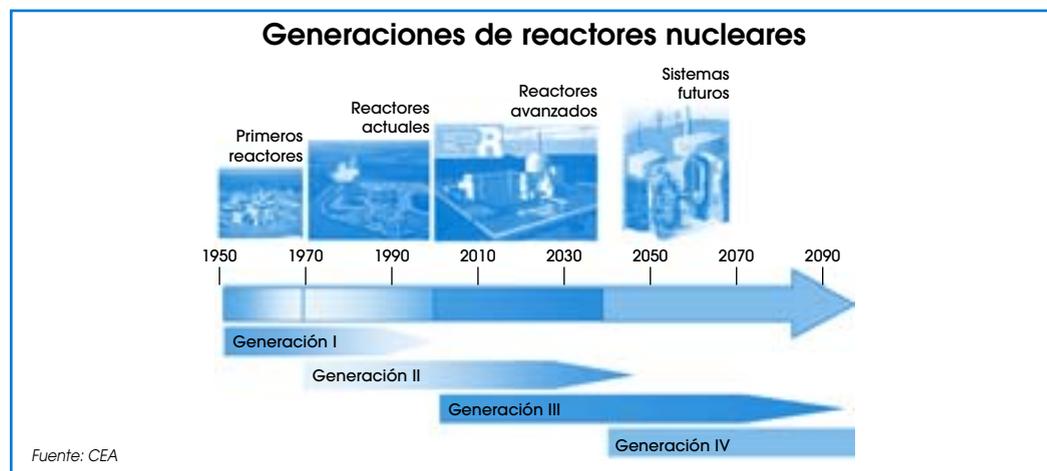
- No-proliferación, para lo cual deberá asegurarse que en la operación de los reactores y en el tratamiento de los combustibles antes y después de su paso por los reactores no se abre la posibilidad de desviación del plutonio para actividades bélicas.
- Minimización y gestión segura de los residuos radiactivos de alta actividad, incluidas la separación de actínidos e isótopos de larga vida y su posible transmutación a isótopos de vida más corta, en sistemas híbridos. En los futuros repositorios se llegará, después de unos pocos siglos desde el depósito de los residuos resultantes, a radiotoxicidades semejantes a la del uranio natural.

El desarrollo de reactores de esta generación se lleva a cabo por varios países en régimen de cooperación internacional, en los programas **GIF IV** e **INPRO**. Ambos programas tienen objetivos parecidos y se está llevando a cabo un proceso de convergencia para evitar duplicaciones innecesarias.

Los tipos de reactor incluidos en esta generación son seis, aunque se concede prioridad a los tipos que están hoy más desarrollados, que son los siguientes:

- Reactores rápidos refrigerados por sodio, de los cuales existe experiencia pasada. Estos reactores pueden diseñarse de forma que sean reproductores, aprovechando integralmente los recursos de uranio.
- Reactores de muy alta temperatura, refrigerados por gas, con combustible sin partes metálicas, que podrán tener altos rendimientos y servir para aplicaciones como la producción de hidrógeno.

En el gráfico adjunto puede verse la localización en el tiempo de las cuatro generaciones de reactores nucleares. ♦



# De las predicciones a los planes nucleares

## Las predicciones

Los organismos que elaboran las predicciones sobre el mercado eléctrico se basan en multitud de estadísticas y tienen en cuenta la evolución previsible en los factores determinantes en la elección de los tipos de centrales generadoras. En la actualidad sobresalen, como es sabido, el gran aumento de la demanda en los próximos decenios, el encarecimiento y progresiva escasez de los combustibles fósiles (excepto el carbón), la preocupación por la seguridad de suministro y la necesaria limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los principales organismos internacionales presentan periódicamente predicciones que conjugan sus propios estudios con los anuncios de política energética de los distintos países. Suelen presentar un escenario de referencia y un escenario alternativo que, por lo general, recoge tendencias en las condiciones del mercado que se apuntan ya, pero que no figuran en las planificaciones oficiales. Las predicciones referentes al mercado eléctrico mundial quedan comprendidas en la tabla adjunta:

Año	2006	2030
Producción total (TWh)	17.525	26.000 - 38.000
Potencia total (GWe)	4.260	5.800 - 7.900
Producción nuclear (TWh)	2.700	3.300 - 5.100
Potencia nuclear (GWe)	370	416 - 680

Puede verse que las predicciones de potencia nuclear instalada en 2030 varían considerablemente, llegando a 680 GWe instalados, la cifra más alta jamás incluida en predicciones oficiales. Esto se debe, seguramente, a que se están teniendo en cuenta ya los anuncios de gobiernos y empresas públicas y privadas sobre sus intenciones de ampliar sus parques nucleares.

Todos los organismos y los gobiernos coinciden ya en que será imposible atender la demanda sin contar con la energía nuclear y las renovables, siendo estos dos tipos de energía complementarias y necesarias, junto al carbón limpio, que está en fase de desarrollo. Incluso en la Unión Europea, la Comisión y el Parlamento Europeo recomiendan un debate serio y despolitizado, que llegue a una consideración positiva de un relanzamiento nuclear, junto a la moderación del consumo, la eficiencia energética y el estímulo a las renovables.

## Los planes

Los Gobiernos y las empresas eléctricas, públicas o privadas, enfrentados con la dura realidad de los problemas de suministro y las emisiones de gases de efecto invernadero, están tomando posiciones en esta materia:

- Los principales países asiáticos, donde la demanda es fuertemente creciente, han segui-

do construyendo centrales nucleares al ritmo impuesto por la evolución de la demanda y las disponibilidades financieras. China e India, inmersas en un desarrollo económico sin precedentes, siguen con las construcciones nucleares y anuncian planes muy ambiciosos para 2030, contando con tecnologías autóctonas e importadas. Irán y Pakistán, partiendo de un parque nuclear muy modesto, planean un avance importante para los próximos años, aunque existen problemas de no-proliferación que deberán ser resueltos.

- Rusia sigue igualmente construyendo centrales nucleares y anuncia planes ambiciosos durante los próximos decenios, para llegar a unos 60 GWe nucleares en 2030.
- En Europa prosiguen sus planes nucleares en países como Francia, Finlandia y varios países del centro y este europeo, como Bulgaria, Eslovaquia, República Checa, Rumanía y Ucrania. Por su parte, Hungría, Polonia y los países bálticos, anuncian también planes nucleares. Caso aparte es el Reino Unido, que tiene necesidad de renovar su parque nuclear y que estudia una expansión nuclear importante: en breve terminará un período de consultas tras el cual se decidirá la política a seguir para los próximos años.
- En América, Canadá, Argentina y Brasil están reanudando la construcción de varias centrales nucleares y anuncian planes para nuevas unidades. Pero el caso más notable es el de Estados Unidos, donde, con el apoyo claro de la Administración, las empresas están empeñadas en un amplio programa de extensión de vida útil y ampliaciones de potencia de las centrales existentes, y la preparación para las próximas construcciones nucleares, con inversiones sustanciales en actividades que van desde la elección de tecnologías de Generación III y la solicitud de licencias combinadas de construcción y operación (ya hay presentadas cuatro, y se esperan tres más antes de fin de año y diez o doce adicionales durante 2008) a la adquisición adelantada de elementos de plazo de entrega prolongados que pudieran poner en peligro programas ajustados de construcción.

- Varios países están estudiando, con ayuda del OIEA y de otros organismos, la introducción de centrales nucleares en sus territorios: Australia, Egipto, los Emiratos Árabes, Indonesia, Israel, Jordania, Libia, Marruecos, Turquía y Vietnam.

En la tabla adjunta se relacionan los países que disponen de centrales nucleares, con inclusión del número de centrales en cada uno, las unidades en construcción y las anunciadas para los próximos años. Los anuncios no tienen en todos los casos la misma fiabilidad, por lo que las cifras señaladas son sólo orientativas. Destaca,

sin embargo, la gran cantidad de unidades proyectadas por los distintos países.

País	Centrales en operación	Construcción o contratadas	Programadas
Alemania	17	0	0
Argentina	2	1	1
Armenia	1	0	0
Bélgica	7	0	0
Brasil	2	1	0
Bulgaria	2	2	2
Canadá	18	0	6
China	11	16	20
Corea	20	4	4
Eslovaquia	5	6	2
Eslovenia	1	0	0
España	8	0	0
Estados Unidos	104	1	31
Finlandia	4	1	1
Francia	59	1	0
Holanda	1	0	0
Hungría	4	0	0
India	17	7	20
Irán	0	1	20
Japón	55	1	10
Lituania	1	0	2
México	2	0	2
Pakistán	2	1	0
Reino Unido	19	0	0
República Checa	6	0	0
Rumanía	2	0	2
Rusia	31	5	20
Suráfrica	2	0	14
Suecia	10	0	0
Suiza	5	0	0
Taiwán	6	2	0
Ucrania	15	2	0
<b>Total</b>	<b>439</b>	<b>52</b>	<b>157</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de publicaciones recientes

Para llevar a cabo estos planes se precisa una importante aportación de recursos materiales, financieros y humanos. No hay que olvidar tampoco que los nuevos países que entren en el campo tendrán que organizar una infraestructura legislativa, reguladora e industrial indispensable, para lo que contarán con la ayuda de los organismos internacionales y los países adelantados. Por otra parte, las instituciones financieras están dispuestas a aportar los fondos necesarios, siempre que se den las condiciones adecuadas de estabilidad legislativa que garanticen el debido reintegro de los empréstitos correspondientes. ♦

Este boletín es una publicación del Foro de la Industria Nuclear Española (FINE), asociación sin ánimo de lucro que representa a la industria nuclear, dedicada a la divulgación sobre los usos pacíficos de la energía nuclear.

**Edita**

Foro de la Industria Nuclear Española  
C/ Boix y Morer, 6  
28003 Madrid  
Tel. 91 553 63 03  
Fax: 91 535 08 82  
enucleo@foronuclear.org  
www.foronuclear.org

**Dirección y Coordinación**  
Piluca Núñez y Luis Palacios

**Depósito Legal**  
M-10205-2004

**ISSN**  
1697-8684

**SOCIOS del FORO NUCLEAR**

- AREVA NP ESPAÑA
- CN ALMARAZ
- CN ASCÓ
- CN COFRENTES
- CN JOSÉ CABRERA
- CN TRILLO 1
- CN VANDELLÓS II
- COAPSA - CONTROL DOMINGUIS
- EMPRESARIOS AGRUPADOS ENDESA ENSA
- ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS ENVIROS - SPAIN
- GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL GHESA
- HIDROCANTÁBRICO
- IBERDROLA
- INITEC
- LAINSA L.A.I.
- LAINSA S.C.I.
- NUCLENOR
- PROINSA
- SIEMSA ESTE
- TAMOIN POWER SERVICES - TPS
- TECNATOM
- TÉCNICAS REUNIDAS, S.A.
- UNESA
- UNIÓN FENOSA
- WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERV.

# noticias de actualidad

**Solicitudes de construcción de centrales nucleares en Estados Unidos.**

A finales del mes de septiembre, las empresas NRG Energy y South Texas Project Nuclear Operating Company presentaron ante el Organismo Regulador Nuclear (NRC) una solicitud de licencia combinada de construcción y operación (COL) para construir y operar dos nuevos reactores nucleares en la central nuclear de South Texas Project, estado de Texas. Esta ha sido la primera solicitud en los últimos 29 años. La potencia total instalada de las dos nuevas unidades, cuyo diseño será un reactor avanzado de agua en ebullición (ABWR), será de más de 2.700 MW, y se espera que entren en funcionamiento en los años 2014 y 2015. Cuatro unidades de este tipo de reactores se encuentran ya en funcionamiento en Japón, y otras dos más están en construcción en Taiwán. Por su parte, el consorcio NuStart Energy, formado por 10 compañías eléctricas y dos suministradores de componentes nucleares, presentó a finales del mes de octubre una solicitud de COL ante la NRC para dos nuevos reactores del tipo AP-1000 en su emplazamiento de la central nuclear de Bellefonte en el estado de Alabama. ♦

**Programa de construcción de centrales nucleares en Egipto.**

El Presidente egipcio Hosni Mubarak ha indicado que "el país pondrá en marcha un programa para la construcción de varios reactores nucleares, lo que garantizará el sistema de seguridad nacional". Para ello, se es-

tablecerá un "alto consejo para el uso pacífico de la energía nuclear" que, en un marco de transparencia y acatamiento del tratado de no proliferación, desarrollará un programa en cooperación con varios socios internacionales y el Organismo Internacional de Energía Atómica. Aún no se ha determinado el número exacto de reactores, ni el tipo de los mismos que se utilizarán. Actualmente, Egipto dispone de dos reactores de investigación, uno dedicado a la investigación neutrónica y a la radiografía, y el otro a la física neutrónica y a la producción de radioisótopos. ♦

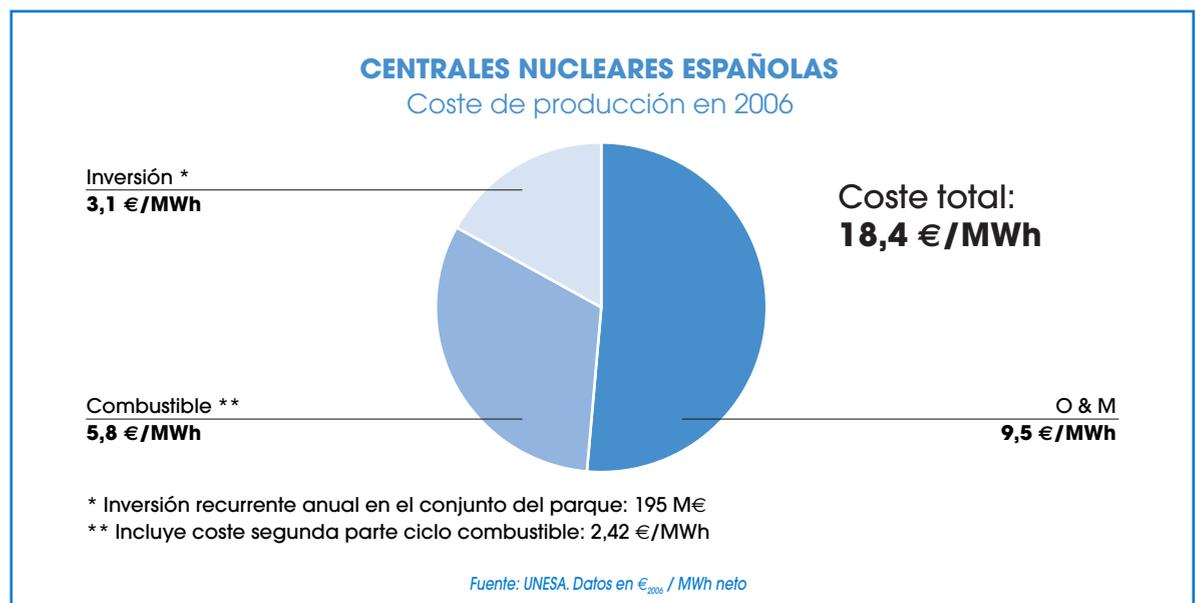
**Grupo de Alto Nivel de la Unión Europea sobre Seguridad Nuclear y Gestión de Residuos.**

Según el Comisario de Energía de la Unión Europea, Andris Piebalgs, el Grupo de Alto Nivel sobre Seguridad Nuclear y Gestión de Residuos, creado en julio de 2007, será esencial para ayudar a la UE a alcanzar unos objetivos comunes en el campo de la energía nuclear. En su primera reunión en el mes de octubre, Piebalgs declaró que cada Estado Miembro debe decidir el uso de la energía nuclear, pero que la cuestión de la seguridad y la gestión de los residuos es un tema en el que debe involucrarse todo el mundo. El grupo, compuesto por experimentados reguladores nacionales y representantes de los organismos de seguridad nuclear, ayudará a la Comisión Europea a identificar temas prioritarios de seguridad. También la aconsejará en el desarrollo de la normativa europea sobre

la seguridad de las instalaciones nucleares y la gestión segura del combustible irradiado y los residuos radiactivos. ♦

**Las energías renovables son más sensibles a la variabilidad climática que la nuclear.**

Un informe del Programa Climate Change Science (CCSP) de Estados Unidos afirma que el posible impacto del cambio climático en la generación de electricidad influirá en la elección de las tecnologías de futuro y en las inversiones. Publicado el 18 de octubre de 2007, el informe evalúa las emisiones, las distintas fuentes energéticas y las implicaciones económicas de la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero. El impacto en las centrales de combustibles fósiles y nucleares vendrá dado por la disponibilidad de agua y/o por la eficiencia de los ciclos de operación. Sin embargo, el impacto será mayor en las energías renovables, pues dependen directamente de los recursos naturales ambientales, tales como las reservas hidráulicas, la intensidad del viento y la radiación solar, por lo que son más sensibles a las variaciones en la climatología que los combustibles fósiles o la nuclear, que dependen de yacimientos geológicos. En el informe se indica que las renovables están en conexión con el cambio climático de maneras muy complejas, ya que su uso puede afectar a la magnitud del cambio climático, a la vez que la magnitud del cambio climático puede afectar sus perspectivas de utilización. ♦



**La industria nuclear se organiza a nivel mundial para atender un mercado en expansión**

- DIRECCIONES "WEB" RECOMENDADAS**
- WNA-WORLD NUCLEAR ASSOCIATION  
[www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)
  - NEI-INSTITUTO DE ENERGÍA NUCLEAR ESTADOUNIDENSE  
<http://www.nei.org/>
  - CEA-COMISIÓN FRANCESA DE ENERGÍA NUCLEAR  
[www.cea.fr](http://www.cea.fr)
  - WEC-CONSEJO MUNDIAL DE LA ENERGÍA  
[www.worldenergy.org/](http://www.worldenergy.org/)
  - EPRI-INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
[www.epri.com](http://www.epri.com)
  - WANO-ASOCIACIÓN MUNDIAL DE OPERADORES NUCLEARES  
[www.wano.org](http://www.wano.org)
  - NEA-AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR  
[www.nea.fr](http://www.nea.fr)
  - FORATOM-ASOCIACIÓN EUROPEA DE ENERGÍA NUCLEAR  
[www.foratom.org](http://www.foratom.org)