

e|núcleo

Energía y Medio Ambiente

NÚMERO 3 • FEBRERO 2003

Sumario

PÁGINA 2

La radiactividad natural y la protección radiológica

PÁGINA 3

Hacia la fusión nuclear. El programa ITER

PÁGINA 4

Noticias de actualidad
Estadísticas
Direcciones web

Es una publicación de:

FORO NUCLEAR
Foro de la Industria Nuclear Española

Editorial

La sociedad está preocupada por la degradación paulatina del medio ambiente, que constituye su hábitat natural. Esta preocupación se refiere tanto al disfrute del entorno, como al legado que heredarán las futuras generaciones. No parece justo que las generaciones de mañana tengan que asumir un entorno deteriorado por decisiones que se toman en el presente. **El núcleo**, en este nuevo número, trata de dos temas relacionados con el hombre y con las actividades que tienen lugar en la naturaleza y que la humanidad puede utilizar en su provecho, sin deterioro significativo del ambiente ni de la salud de los seres vivos.

Los seres vivos han evolucionado en equilibrio con su entorno, y han desarrollado mecanismos internos de adaptación y defensa a las condiciones cambiantes. Este entorno incluye la existencia de radiaciones ionizantes, que nos llegan de fuentes naturales, y que constituyen el *fondo radiológico natural*. La población que reside en terrenos sedimentarios, como Murcia, o la que vive en terrenos graníticos, como la sierra de Madrid, recibe dosis muy diferentes, a las que está perfectamente adaptada. Además, las actividades del hombre que tienen lugar en los campos de la medicina, la industria y la energía añaden dosis al fondo natural, inferiores a éste.

El Sol es la fuente de la energía que consumimos. Esta enorme energía se origina por reacciones nucleares de fusión entre elementos ligeros, fundamentalmente el hidrógeno (elemento que constituía la materia inicial en el origen del Universo). El hombre, en su busca incesante de fuentes de energía, aspira desde hace tiempo a reproducir en la Tierra lo que ocurre naturalmente en el Sol, permitiendo así el acceso a una energía limpia y prácticamente inagotable.

El hombre aspira desde hace tiempo a reproducir en la Tierra lo que ocurre naturalmente en el Sol, permitiendo así el acceso a una energía limpia y prácticamente inagotable

La investigación sobre la Fusión Nuclear trata de llegar a este objetivo, venciendo formidables retos técnicos. Los programas de fusión por confinamiento magnético, llevados a cabo en cooperación in-

ternacional, están llegando a un punto en que se vislumbra la viabilidad de futuros reactores de fusión. Para confirmar esta posibilidad y avanzar en su desarrollo técnico se plantea la construcción de una gran máquina experimental, llamada ITER, en donde se podrán perfeccionar los conocimientos sobre la física, los materiales, los combustibles y otras técnicas de vanguardia.

España es uno de los candidatos a acoger el proyecto. Si finalmente el ITER se construye en nuestro país, significará un avance científico y técnico de primer orden. ♦

BUZÓN DE LOS LECTORES

Con mi carta pretendo hacerles llegar una sugerencia para próximos números. Los actuales acontecimientos en política mundial han hecho que me cuestione la elevada dependencia de los países industrializados del petróleo como fuente energética. Considero que es un tema bastante grave y preocupante que pone en peligro el suministro energético en el futuro y las buenas relaciones internacionales. Por esta razón, me gustaría que analizaran el papel de la energía nuclear dentro de este nuevo panorama energético mundial en algún número de **el núcleo**.

M^{re} Isabel Ferreiro Garrido (Lugo)

El Consejo de Ministros ha aprobado recientemente la Planificación Energética para el período 2002 a 2011. Como se indicaba en el artículo, "Garantía de suministro eléctrico", publicado en el número 2 de **el núcleo**, el Gobierno hace una clara apuesta por el gas como fuente energética para este período. En cuanto a energía nuclear se destaca la inversión en I + D, renovación de equipos y formación de los técnicos nucleares. Me gustaría conocer si estos planes incluyen la extensión de vida de las centrales nucleares españolas o la construcción de nuevas instalaciones. Muchas gracias desde Barcelona.

José Luis Ortega

Queridos amigos les escribo en referencia a la reciente liberalización de la electricidad en España. Desde comienzos de este año, los españoles podemos elegir libremente la empresa que nos suministra la electricidad. Sin embargo, considero que no he recibido la información suficiente para conocer las alternativas que se presentan y por ello, me gustaría que **el núcleo** dedicara un espacio para explicar las diferentes opciones y ofertas a las que podemos acceder los consumidores. Muchas gracias.

Fernando López Medina (Madrid)

He leído los tres números de **el núcleo** publicados hasta ahora, considero que la publicación sigue una línea editorial muy clara, un diseño definido y actual y unos textos bien elaborados y sencillos de entender. Por todo esto, les animo a continuar manteniendo el nivel de la publicación y su original formato.

Eva Pellicer Carrasco (Alicante)

elnucleo@foronuclear.org

La Radiactividad Natural y la Protección Radiológica

El descubrimiento de las sustancias radiactivas naturales ha sido un hecho relativamente reciente (Becquerel, 1896), cuando de forma accidental las radiaciones emitidas por un compuesto de uranio impresionaron en la oscuridad una placa fotográfica. Así, primero fue en el uranio donde se descubrió *la radiactividad natural* (capacidad de los átomos inestables de algunos elementos de emitir radiaciones ionizantes, *alfa, beta y gamma*); luego se descubrió que el torio también tenía esta propiedad; y, poco después, que en sus respectivos minerales se encontraban otros radielementos (*actinio, radio, polonio, radón, etc.*), que conformaban *tres series radiactivas naturales*, trazables hasta sus orígenes en los isótopos del uranio y el torio. En resumen, en la naturaleza existen unos 50 *radionucleidos*, que dan origen a la mayor parte del *fondo radiológico natural*.

El uranio y el torio están constituidos por isótopos radiactivos (*radionucleidos*), que se originaron hace unos 4.500 millones de años en la nucleosíntesis que acompañó a la formación del Sistema Solar; y todavía perduran, porque sus períodos de semidesintegración (tiempo en que pierden naturalmente la mitad de su masa) son muy largos, comparables con la edad de la Tierra. Existen también otros isótopos radiactivos de período muy largo en elementos estables. Tal es el caso del potasio-40, que encontramos en el potasio de nuestro propio organismo.

Además, conviene recordar que la Tierra, en su movimiento de traslación alrededor del Sol, está sometida a la radiación cósmica, muy energética, formada por núcleos atómicos con velocidades próximas a la de la luz, que interactúan con la atmósfera produciendo radiaciones ionizantes y algunos radionucleidos. La radiación cósmica es un componente más del fondo radiológico natural, que tiene valor mínimo a nivel del mar (por el efecto protector de la atmósfera) y aumenta considerablemente con la altura (duplicando su valor cada 1.500 metros), lo que se traduce en dosis de radiación significativas en el caso de las tripulaciones y pasajeros de vuelos transatlánticos.

La *Protección Radiológica* es una disciplina sanitaria, cuyo objetivo es prevenir las exposiciones a las radiaciones ionizantes. Su ámbito de aplicación va dirigido fundamentalmente a las *fuentes radiactivas artificiales*, las creadas por el hombre (radiofármacos, rayos X, bomba de cobalto, residuos radiactivos, reactores nucleares, etc.). Las *fuentes radiactivas naturales* son ubicuas e inevitables y, solamente en algunos casos (industria minera, construcción, etc.), pueden sobrepasar el medio natural y deben quedar sometidas a vigilancia y control.

Los organismos vivos han desarrollado mecanismos de reparación muy eficaces para restaurar las lesiones que puedan producir las radiaciones en las moléculas vitalmente importantes de nuestras células. Con ello, se ha creado una convivencia de los seres vivos con su entorno radiológico natural, caracterizado por el *valor promedio del fondo*, ya que existen variaciones locales significativas. Este valor, que ahora se estima en 2,4 mSv anuales, pasa a ser nuestro referente básico y es nuestra garantía de que, mientras estemos sometidos a una exposición similar a la del fondo radiológico natural, nuestro estado de salud será el históricamente observado.

El fondo radiológico natural es, con mucho, el mayor de los componentes de la dosis que recibimos los humanos, incluidas las radiaciones ionizantes artificiales

La radiación ionizante es la que produce cambios al atravesar la materia viva, en función de la radiación o partículas, el ser vivo y el tejido afectado.

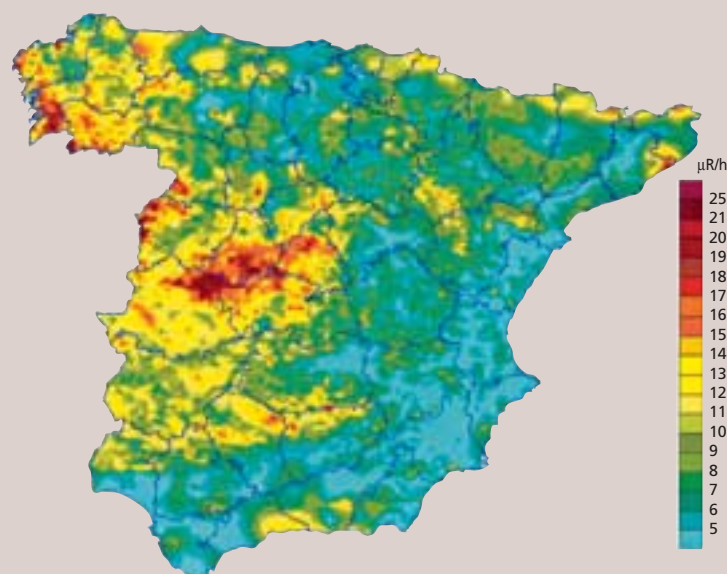
producidas por el hombre. Se puede establecer una clasificación de categorías según la actividad y fijar el peso porcentual en la carga radiológica que el hombre soporta en cada una de ellas.

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA RADIOLÓGICA EN LAS SOCIEDADES MODERNAS

CATEGORÍA	ORIGEN DE LA DOSIS	%
Natural	Fondo radiológico inevitable: series radiactivas naturales (en especial, radón), potasio-40, radiación cósmica, etc.	66
Médica	Radiofármacos y fuentes de radiación artificial en rayos X, diagnóstico y terapia médicas.	33
Tecnológica	Gammagrafía, centrales nucleares, gestión de residuos radiactivos, etc.	≤ 1

Si se prescinde del componente médico, que se acepta voluntariamente, la única categoría de dosis prescindible sería la tecnológica que, según demuestra la experiencia, no es significativa. A pesar de ello, el componente tecnológico es el que preocupa a la sociedad. En España, se realizan de forma continua las siguientes actuaciones:

- *El proyecto MARNA (mapa radiométrico, figura adjunta)*, mide los niveles de radiación gamma natural y sirve de referencia para evaluar posibles incrementos de la tasa de exposición. En el mapa pueden observarse las grandes diferencias en la radiactividad natural en las distintas regiones españolas, en general superiores al impacto del componente tecnológico.



Mapa Radiométrico. Proyecto MARNA.

Se indican los valores medios de exposición gamma natural correspondientes a cada una de las provincias españolas. Los valores altos están ligados a formaciones de rocas graníticas y sedimentarias derivadas, mientras que los más bajos lo están a formaciones sedimentarias de origen marino.

- *Los programas de vigilancia radiológica ambiental* de las instalaciones nucleares y radiactivas, así como del medio ambiente en todo el territorio nacional. Los programas de vigilancia del impacto radiológico de las instalaciones son realizados por los titulares de las mismas, con objeto de elaborar un registro documental continuo de su buen funcionamiento.

Hasta ahora, las medidas de radiactividad indican que las dosis procedentes de las actividades humanas son insignificantes. ♦

Hacia la fusión nuclear

El programa ITER

Desde los comienzos del siglo XX se sabe que la energía que emite el Sol procede de la fusión de núcleos de hidrógeno, para convertirse en núcleos de helio, con una masa resultante inferior a la de los elementos que se funden. Este defecto de masa da lugar, según la conocida ecuación de Einstein, $E = m c^2$, a una enorme energía que contrarresta la fuerza gravitatoria que tiende a colapsar la gran masa gaseosa que constituye el Sol. Este equilibrio da lugar a un espacio confinado por la gravedad, en el que rigen temperaturas muy altas, de unos 15 millones de grados, a las cuales los átomos presentes pierden todos sus electrones, constituyendo una masa de núcleos ionizados y electrones, ambos cargados eléctricamente pero sin una estructura atómica que los ligue, que llamamos *plasma*. En esas condiciones se vence la repulsión entre los núcleos y la fusión se produce, creándose helio y generándose radiaciones de alta energía que se proyectan al exterior. Estas radiaciones, de todas clases, llegan a la Tierra, absorbiéndose en parte, y son responsables de todo el devenir de la Tierra, su medio ambiente y el desarrollo de la vida.

Es natural que los científicos hayan pensado en reproducir en la Tierra, de forma controlada, lo que sucede en el Sol. Los beneficios serían inmensos: una fuente inagotable de energía.

Los retos técnicos, sin embargo, son también enormes. El gas (*o plasma*) formado por los núcleos ionizados de hidrógeno, sus isótopos y sus correspondientes electrones, no se puede confinar sometiéndolo a presión, como la gravitatoria del Sol, por lo que hay que discurrir otros procedimientos. Para compensar el déficit hay que conseguir temperaturas mucho más altas, del orden de 100 millones de grados, y sostener la reacción durante tiempos prolongados. Desde mediados del siglo XX las investigaciones de los científicos se han orientado en dos direcciones:

- La fusión por confinamiento magnético, aprovechando que el plasma está compuesto por partículas cargadas, lo que permite confinarlo mediante poderosos campos magnéticos, sin dejar que toque paredes metálicas, que no soportarían las altas temperaturas.
- La fusión por confinamiento inercial, mediante haces pulsados de láser, que inciden sobre microbolas que contienen el combustible. En su interior se producen, durante tiempos limitados, las presiones y temperaturas necesarias para la fusión.

DESARROLLO DE LA FUSIÓN POR CONFINAMIENTO MAGNÉTICO

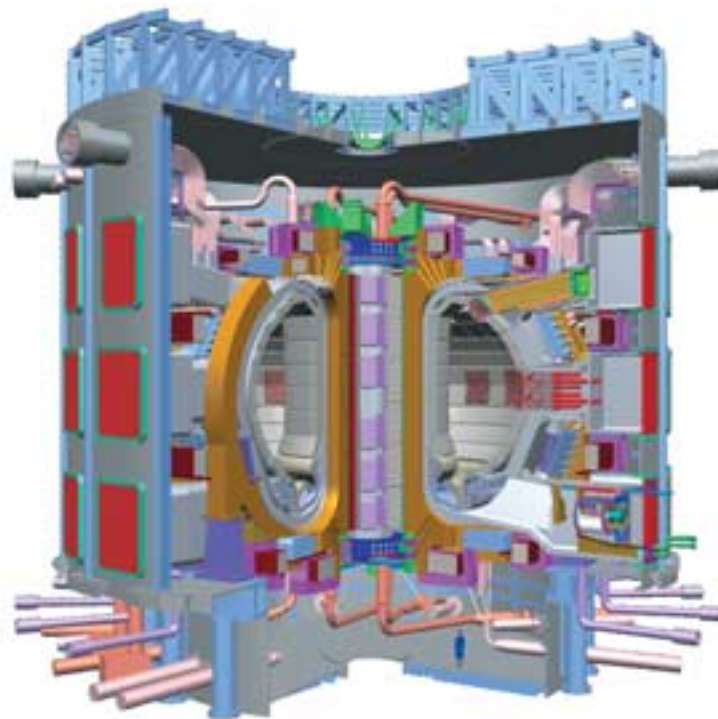
Reacciones de fusión

Entre las posibles reacciones de fusión de núcleos de hidrógeno, la más viable en las condiciones a las que se puede llegar en la Tierra es la que funde un núcleo de deuterio y uno de tritio, produciéndose un núcleo de helio y un neutrón, más una energía muy elevada.

El **deuterio**, también llamado hidrógeno pesado, existe en la naturaleza, por ejemplo en el agua del mar, en una proporción de 150 partes por millón del hidrógeno contenido. El **tritio** debe producirse artificialmente (como subproducto en reactores de agua pesada o en los propios futuros reactores de fusión, mediante la interacción del neutrón con una capa exterior de litio).

Los productos de la fusión son un núcleo de helio (llamado también partícula alfa) y un neutrón. La energía se reparte entre éstos en una proporción de 20/80, aproximadamente.

El combustible se calienta hasta temperaturas altísimas (del orden de 100 millones de grados) y se confina de varias maneras. El ITER pertenece a la familia de los **tokamak**, en los que el plasma de deuterio/tritio se confina mediante poderosos



campos magnéticos en una configuración toroidal (anular). Aún no se ha logrado alcanzar el punto de igualdad de la potencia producida y la empleada en mantener las reacciones, llamado punto de equilibrio (*breakeven*, en inglés).

De los experimentos a los reactores

Desde que se concibió el concepto del tokamak, en los años 60, se han construido máquinas en las cuales se probaron las distintas propuestas científicas y técnicas. En España el CIEMAT ha participado activamente en los programas internacionales y ha operado un tokamak denominado TJ-I, y dos *estelardos*, el TJ-IU, ahora cedido a la Universidad de Kiel, y el TJ-II, ahora en operación y considerado entre los tres más importantes de su clase en el mundo, con un concepto de confinamiento parecido. En cada máquina sucesiva se ha llegado a zonas de funcionamiento cada vez más próximas al equilibrio, culminando en el JET (Joint European Torus). Hacia 1985 se propuso construir un dispositivo experimental, en colaboración internacional, que constituyera el paso siguiente a las investigaciones y experimentos en curso. El programa se llamó ITER (International Tokamak Experimental Reactor), con una sugerente alusión al latín *iter*, equivalente a *camino*.

Las actividades de proyecto tuvieron lugar durante los años 90. En 1998 se replantearon los objetivos y se redujeron los costes previstos. En la actualidad los países participantes en el proyecto son Canadá, Japón, Rusia y la Unión Europea, y hay previsiones de que EE.UU., que estaba inicialmente presente, se reincorpore al programa. China y Corea también han manifestado su interés en unirse a este selecto grupo.

En la máquina ITER no se producirá energía eléctrica. Se probarán las soluciones a los problemas principales que han de resolverse para que sean viables los futuros reactores, incluyendo la utilización del plasma de deuterio/tritio, el confinamiento en un gran anillo mediante campos magnéticos producidos por un sistema de electroimanes y la propia corriente inducida en el plasma, y diversos materiales de pared, resistentes al impacto y a la activación inducida por el neutrón. El calentamiento se producirá por ondas electromagnéticas y por inyección de partículas neutras y se llegará al punto de equilibrio produciéndose una ganancia de potencia.

El presupuesto del ITER es de unos 3.400 millones de euros, más unos costes anuales de 200 millones, y una reserva para el desmantelamiento de 350 millones. Este coste debe repartirse entre los socios, más el país anfitrión, que debe aportar la infraestructura, a cambio de la enorme ventaja de disponer en su territorio de un centro de tecnología avanzada, con cientos de investigadores y técnicos. El ITER tardará unos 10 años en construirse y funcionará unos 20 años.

España ha presentado su candidatura en el emplazamiento de Vandellós (Tarragona), ampliamente estudiado y cercano a fuentes de energía muy importantes, con un entorno propicio para el asentamiento del complejo. Esta candidatura compite con la francesa en el emplazamiento de Cadarache, sede de muchas instalaciones nucleares. La elegida de estas dos representará a la Unión Europea y competirá con las presentadas por Canadá y Japón. ♦

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
Píluca Núñez y Luis Palacios

Administración y suscripciones gratuitas
Esperanza Balaguer

SOCIOS del FORO NUCLEAR

- CN ALMARAZ
- CN ASCÓ
- CN COFRENTES
- CN JOSÉ CABRERA
- CN TRILLO I
- CN VANDELLÓS II
- DOMINGUIS
- DTN
- EMPRESARIOS AGRUPADOS
- ENDESA
- ENSA
- ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS
- FRAMATOME ANP
- GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL
- GHESA
- HIDROCANTÁBRICO
- IBERDROLA
- INITEC
- LAINSA L.A.I.
- LAINSA S.C.I.
- MONCOBRA
- NUCLEONOR
- PROINSA
- TECNATOM
- UNESA
- UNIÓN FENOSA
- WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERV.

Desde el pasado 1 de enero de 2003, todos los hogares y empresas españolas pueden elegir suministrador de gas y electricidad. Con la apertura total del mercado, culmina el proceso de liberalización del sector energético en España.

noticias de actualidad

La Central Nuclear de Cofrentes aumenta su potencia. Desde el 1 de enero de 2003, la Central Nuclear de Cofrentes dispone de una nueva potencia eléctrica bruta de 1.085,33 MW, resultado favorable de la prueba de 100 horas de funcionamiento continuado al 110% de potencia nominal, realizada por el Área de Industria de Valencia, en diciembre de 2002. ♦

Balance eléctrico en España en 2002.

La producción y el consumo de electricidad en España han aumentado en el año 2002 un 3,3% y un 2,7%, respectivamente, respecto al año 2001.

La producción de electricidad se realizó en un 34% con carbón, en un 26% con energía nuclear, en un 16% con energías renovables y residuos, en un 13% con gas natural y en un 11% con productos petrolíferos.

Ha habido una elevada incorporación de nueva potencia al sistema eléctrico (más de 3.000 MW), principalmente por la entrada en funcionamiento de las primeras centrales de ciclo combinado.

La tarifa media ha descendido desde el año 1997 un 18,25% en términos nominales y un 35,15% en términos reales. ♦

Respuesta favorable del Gobierno a una instalación para residuos radiactivos de muy baja actividad.

El Gobierno español ha manifestado que "sería de gran interés para España contar con una instalación para el desecho de residuos radiactivos de muy baja actividad", en respuesta a

una pregunta parlamentaria realizada por Izquierda Unida.

Esta respuesta está de acuerdo con las peticiones de la Comisión de Economía del Congreso de los Diputados, que instaban a habilitar una instalación específica para este tipo de residuos, con el objeto de no seguir almacenándolos en las actuales instalaciones de El Cabril. Así, el Ministerio de Economía solicitó a ENRESA la realización de los estudios necesarios para determinar su emplazamiento. ♦

La nuclear es la mejor fuente de energía para desalinizar el agua.

En un congreso internacional, organizado por el Organismo Internacional Energía Atómica y el Consejo Mundial del Agua, se ha confirmado que la energía nuclear es la mejor opción para la producción a gran escala de agua dulce a partir de agua salada o salobre.

Utilizando una central nuclear de 150 MWe, el coste sería de 50 c\$/m³ de agua potable y de 2 c\$/kWh de electricidad producido. Las primeras centrales con este fin podrían construirse en Oriente Medio y en China en 2005. Actualmente, las principales tecnologías utilizadas, usando combustibles fósiles, son el proceso de destilación multietapas con vapor, y la ósmosis inversa. ♦

El parlamento italiano estudia una nueva ley sobre energía nuclear.

El parlamento italiano está estudiando un borrador de ley que permitiría a las empresas eléctricas italianas tomar parte en compañías

nucleares extranjeras. El documento, aprobado por el Consejo de Ministros en septiembre, también apunta la posibilidad de una vuelta a la utilización de la energía nuclear en Italia en el futuro. El borrador de ley está siendo analizado actualmente por la Comisión de Industria de la Cámara de los Diputados. Si se aprueba, pasará a la Cámara Alta. ♦

Debate energético en Francia.

Francia va a realizar, antes de finalizar 2003, su primer debate energético nacional, con el objetivo de contemplar todos los puntos de vista sobre las diferentes opciones energéticas, antes del desarrollo de una estrategia para una nueva ley de la energía. La Secretaria de Industria, Nicole Fontaine, ha declarado que el debate busca "dar mayor importancia a la opinión de los ciudadanos, e involucrarla en el proceso de toma de decisiones en las alternativas estratégicas relativas a la política energética francesa para las tres próximas décadas". El debate comenzará el 18 de marzo, y se espera que acabe a finales de mayo. ♦

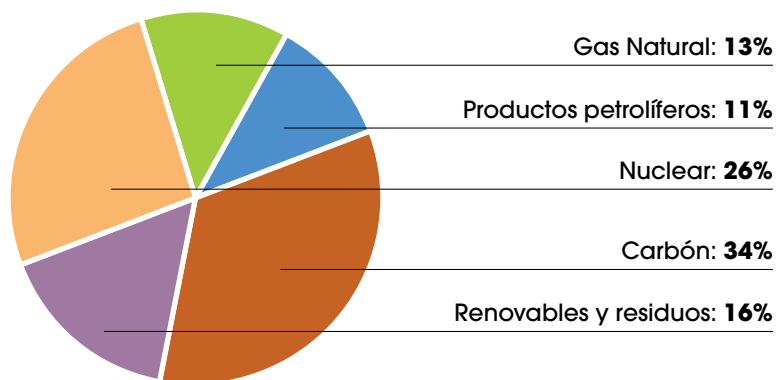
Máximo histórico de la demanda de energía eléctrica peninsular.

El día 14 de enero de 2003, a las 18:58 horas, la demanda en el sistema eléctrico peninsular alcanzó los 37.350 MW, lo que constituyó un nuevo máximo histórico.

En varios días consecutivos se fueron alcanzando sucesivos máximos históricos, fundamentalmente provocados por la intensa ola de frío que se registró en toda la península. ♦

ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD DEL AÑO 2002

"El año 2002 se ha caracterizado por un incremento del consumo del 2,7 (214.382 millones de kWh) y un aumento de la producción del 3,3% (245.228 millones de kWh), respecto al año anterior"



Fuente: Avance estadístico 2002. UNESA

DIRECCIONES "WEB" RECOMENDADAS

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA
www.iea.org

ASOCIACIÓN NUCLEAR MUNDIAL
www.world-nuclear.org

CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL
www.cdti.es

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
www.icrp.org

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DE EE.UU.
www.energy.gov

GRUPO EUROPEO DE MUNICIPIOS CON INSTALACIONES NUCLEARES
www.gmfeurope.org

MADRID POR LA CIENCIA
www.madridporlaciencia.org

PROYECTO ITER, CIEMAT
www-fusion.ciemat.es

REVISTA ENERGÍAS RENOVABLES
www.energias-renovables.com

REVISTA MUNDO ENERGÍA
www.mundoenergia.com