DIVULGACION CIENTIFICA

FUNCIONAMIENTO DE UN REACTOR NUCLEAR

Iniciamos en ZENIT una nueva sección que, con el título genérico de DIVULGACION CIENTIFICA, tratará con rigor temas que consideramos de interés general y que, por no ser suficientemente conocidos, la mayor parte de las veces, nos pueden servir para completar nuestros conocimientos, al tiempo que son de eficaz ayuda en nuestra labor diaria en las aulas.

La polémica abierta en torno al posible riesgo del funcionamiento de las centrales nucleares ha puesto de actualidad una serie de aspectos referentes a esta forma de producción de energía no bien conocidos o, al menos, no suficientemente considerados. Entre estos aspectos pensamos que son tres los de mayor interés. Interesa en primer lugar conocer en qué fundamentos se basa la operación de una central nuclear. A continuación interesa saber de qué manera este funcionamiento puede interaccionar con el medio ambiente. Por fin, puede proponerse otras alternativas energéticas a la de la energía nuclear. Intentaremos aquí, primeramente, una descripción somera de las partes y funcionamiento de un reactor nuclear de uranio enriquecido, elegido por ser el tipo más común en cuanto a los de producción de energía.

Una central nuclear puede considerarse en cuanto a su utilización dividida en dos partes. Una de ellas es la sección de producción de energía térmica, la segunda es la de transformación de esta energía térmica en energía eléctrica.

La primera parte está constituida por el núcleo del reactor. El núcleo consiste en esencia en una vasija de grandes dimensiones llena de agua, aunque en otros tipos de reactor puede serlo de grafito o agua pesada. En el interior del agua se encuentran los elementos combustibles, barras compuestas de uranio normal, u-238, enriquecido con su isótopo el u-235. Intercaladas con los elementos combustibles se encuentran unas nuevas barras, las barras de control, generalmente compuestas de cadmio.

La producción de energía tiene lugar mediante un proceso de fisión nuclear. Cuando un neutrón de una determinada velocidad choca contra un núcleo de u-235, éste se rompe en dos fragmentos de masa menor y en varios nuevos neutrones dando lugar, además, a una cantidad de energía. Aunque la cantidad de energía que se produce en cada fisión de un núcleo de u-235 no es demasiado grande, el hecho de que se produzcan varios nuevos neutrones en cada proceso de fisión hace posible que éstos se utilicen para producir nuevas fisiones al chocar contra otros núcleos de uranio, teniendo así lugar una reacción en cadena. Para que esta reacción en cadena sea posible es necesario que la abundancia de u-235 en los elementos combustibles sea suficiente y es por ello que se utiliza en su construcción uranio normal enriquecido en este isótopo. Pero además la velocidad de los neutrones debe ser la adecuada para producir la fisión. Los neutrones producidos en una fisión anterior tienen una velocidad mayor que la adecuada y se les denomina neutrones rápidos, aunque en otro tipo de reactores los neutrones rápidos son los utilizados para producir nuevas fisiones, en el caso del reactor de uranio enriquecido es necesario moderarlos. Este proceso de moderación tiene lugar por medio de choques de los neutrones con las moléculas del agua que llena la vasija. En cada choque un neutrón pierde una cierta cantidad de energía llegando al cabo de un cierto número de ellos a tener la velocidad correcta para producir una nueva fisión. A estos neutrones se les denomina neutrones térmicos.

La concentración de neutrones térmicos dentro del núcleo es de importancia básica para que pueda producirse la reacción en cadena. Para evitar la pérdida de neutrones la forma geométrica del núcleo está diseñada para que la relación entre su superficie y su volumen sea óptima. De esta manera se hace mínima la salida de neutrones por la superficie. Además, el núcleo se recubre de una serie de pantallas reflectoras con el mismo objeto de evitar una fuga de neutrones. Otras veces, sin embargo, aun evitando la salida de neutrones de la vasija, interesa disminuir la concentración de neutrones dentro del núcleo. El cadmio es un elemento que tiene la propiedad de absorber neutrones térmicos. Esta propiedad del cadmio es aprovechada para controlar la rapidez con que se producen las fisiones mediante el mecanismo de las barras de control. Por introducción dentro del núcleo en mayor o menor medida de estas barras de cadmio, es posible reducir en mayor o menor grado el número de neutrones capaces de reproducir fisión, siendo posible de esta manera controlar la velocidad de producción de energía.

La segunda parte en la que se puede dividir una central nuclear es la que se refiere al aprovechamiento de la energía producida. La energía de cada fisión se transfiere al agua que existe en el interior de la vasija con consiguiente calentamiento de ésta. Una tubería por la que circula agua, en otros casos anhídrido carbónico o sodio fundido, atraviesa el núcleo del reactor. El agua que circula inicialmente fría se calienta en contacto con el núcleo, pero sin mezclarse con el agua del interior de la vasija. Según las condiciones a que se la someta, esta agua se calienta hasta llegar a hervir o bien sobrepasa esta temperatura y se convierte en vapor, distinción que da lugar a los dos tipos de reactores más usuales: de agua hirviendo o de agua a presión, respectivamente. El agua calentada en contacto con el núcleo llega por fin a una turbina en la que el calor del agua se transforma en energía eléctrica. En el caso de los reactores de agua hirviendo este circuíto de circulación es abierto, es decir, el agua procedente del río después de atravesar el núcleo y la turbina vuelve directamente al río. En el caso de los reactores de agua a presión el circuito de circulación es doble. Existe un circuito cerrado de agua que atraviesa el núcleo e intercambiando calor con él en el exterior un segundo circuito abierto que es el que mueve la turbina comunicándose directamente con el río.

Este es, en esquema, el funcionamiento de un reactor nuclear. El resto de los elementos de que consta se puede reducir a dispositivos de control del funcionamiento del reactor, de protección, tanto de las radiaciones emitidas por el núcleo como de los isótopos radioactivos producidos, o de seguridad en vistas a la prevención de accidentes.

Jesús Soto
Luis S. Quindós,
Licenciados en C. Físicas

BOLSOS-ZAPATOS
· MALETAS · CINTURONES · MONEDEROS · PAÑUELOS
CHELSEA
San José, 22

¿CONTAMINACION NUCLEAR?

Cuando se considera la irradiación producida por una fuente, es necesario, en primer lugar, tener en cuenta el tipo de partícula emitida por cada elemento radiactivo. Esto es debido a que los distintos tipos de radiación presentan un poder de penetración distinto, que, aunque en función de la energía, depende principalmente de su naturaleza. Así, en el organismo humano, las radiaciones alfa y beta con un reducido poder de penetración no pueden provocar daño más que por vía interna, mediante la entrada de elementos emisores por vía respiratoria, digestiva o cutánea. En cambio, las radiaciones de gran poder de penetración como los rayos gamma o los neutrones producirán principalmente irradiación desde el exterior.

Debido a la fisión del uranio se producen en el interior del núcleo de un reactor nuclear una gran cantidad de elementos radiactivos. Dentro del núcleo existe por tanto una importante irradiación junto con una gran densidad de neutrones. El elemento moderador las pantallas reflectoras, la propia vasija y los bloques de protección con un gran espesor de hormigón, hacen, sin embargo, que la dosis de radiación, aun en el interior de la central nuclear, sea despreciable en comparación con la producida por los elementos radioactivos naturales existentes en cualquier tipo de suelo, sobre el que diariamente caminamos.

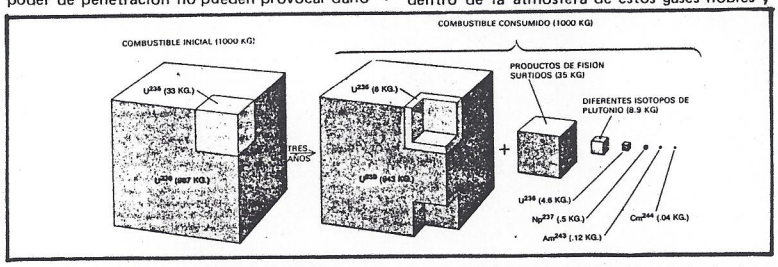
El fucionamiento normal de un reactor lleva consigo, por otra parte, la eliminación de una serie de elementos radiactivos, productos resultantes de la fisión del uranio, tanto en forma gaseosa como líquida, así como una porción de productos de desecho principalmente en forma sólida.

Los elementos gaseosos y líquidos son eliminados por la chimenea y el circuito de refrigeración del núcleo, respectivamente. Los dos sistemas contienen filtros e intercambiadores químicos que reducen en gran parte y de manera selectiva los isótopos radiactivos expulsados. Contienen además un sistema de recirculación para el decaimiento, de los isótopos de vida suficientemente corta, que pasan a transformarse en elementos estables no radiactivos por tanto.

ELEMENTOS EXPULSADOS

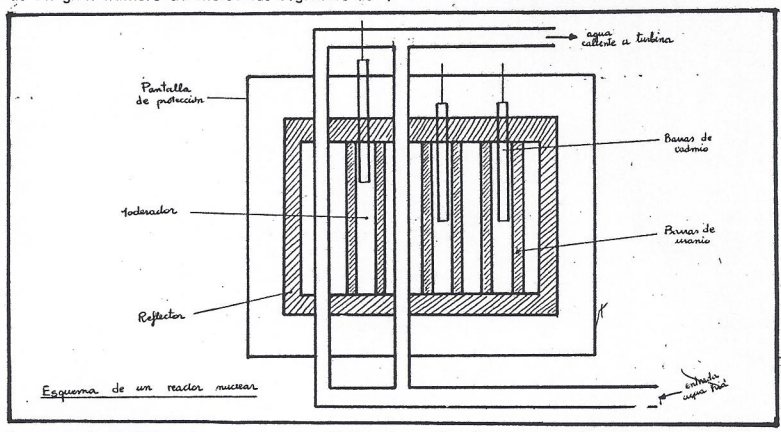
Los principales elementos expulsados consisten fundamentalmente en varios isótopos de los gases nobles kripton y xenon en especial Kr-85 y Xe-133. En menor proporción se expulsan otros elementos como el tritio, H3 y varios isótopos de yodo y estroncio, principalmente I-131, Sr-90 y Sr-89. De menor importancia todavía son otros como el Zr-95 (zirconio-95), el Cs-137 (cesio 137), el Co-60 (cobalto 60) y el Ce-144 (cerio 144). Las vidas medias, tiempo en el que su actividad queda reducida a la mitad, varían para estos elementos entre pocos días y decenas de años.

Los gases nobles tienen la propiedad de poseer una baja reactividad química a formar compuestos. Debido a este hecho la posible irradiación producida por ellos es únicamente de tipo externo al no existir la posibilidad de su combinación con los elementos. La difusión dentro de la atmósfera de estos gases nobles y su disolución en un gran volumen de aire hace que la irradiación producida por ellos sea despreciable.



Mayor atención requieren los elementos tritio, yodo y estroncio.

El tritio es un isótopo del hidrógeno con un comportamiento químico completamente similar. Puede, por tanto, entrar a formar parte de un gran número de moléculas orgánicas de importancia biológica. La mayor parte del tritio es eliminado bajo la forma de vapor de agua por sustitución en la molécula de este átomo de hidrógeno. Su larga vida media, 12,3 años y la pequeña energía de las partículas beta emitidas, hacen, sin embargo, que su importancia sea escasa. El yodo posee una gran afinidad química por las grasas, pudiendo pasar a formar parte a través de los pastos de un alimento tan común como es la leche. Una vez en el organismo se fija en una serie de órganos principalmente en la glándula tiroides.



Esquema de un reactor nuclear

El estroncio posee un comportamiento químico análogo al del calcio, pudiendo formar parte de la estructura ósea del cuerpo humano. Ambos son emisores beta con vidas medias de 8,04 días y 28,5 años. Aunque la irradiación producida por ambos es mucho menor que la debida al K-40, de origen natural, presente en los huesos, pensamos es necesario un control cuidadoso de la cantidad eliminada, así como mejores estudios de su influencia, tanto en el hombre como en el medio ambiente, debido a la posible acumulación a que pueden dar lugar.

PROBLEMA DE LOS DESHECHOS

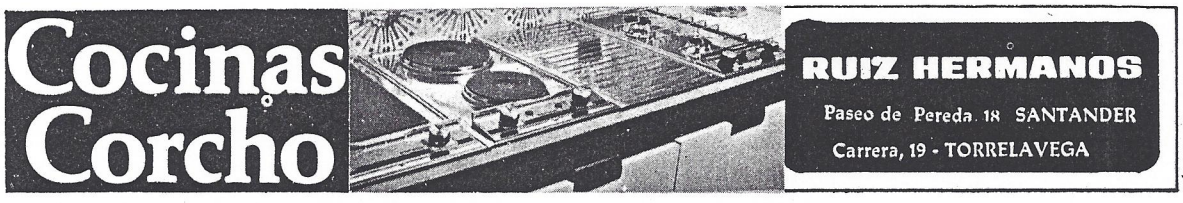
Los desechos sólidos están constituidos, p por una parte por los filtros intercambiadores químicos una vez contaminados, y por otra, por los elementos combustibles después de su funcionamiento.

El problema de los deshechos no está resuelto en la actualidad aunque no presenta especiales dificultades técnicas. Las únicas condiciones impuestas son las de una resistencia continuada durante un largo intervalo de tiempo y una irradiación nula en el exterior, siendo así que varias de las soluciones propuestas, principalmente las referentes a enterramientos de dichos deshechos en fosas profundas, parecen cumplir ambos requisitos.

En resumen, podemos decir que el desarrollo de la energía nuclear no amenaza a la población más que por efecto de la posible acumulación de los residuos radiactivos, debido al funcionamiento normal de las instalaciones.

Esta contaminación lleva consigo una polución de la atmósfera, de las aguas y de los suelos. Por lo demás la dosis de irradiación absorbida en promedio por esta causa es del orden de 1 milirad por año; pequeña, tanto con respecto a la irradiación de origen natural como con respecto a la de origen artificial, principalmente de origen médico, que se cifran cada una del orden de los 100 milirad por año.

LUIS S. QUINDOS
JESUS SOTO
Licenciados en C. Físicas



DIVULGACION CIENTIFICA

LA ENERGIA SOLAR

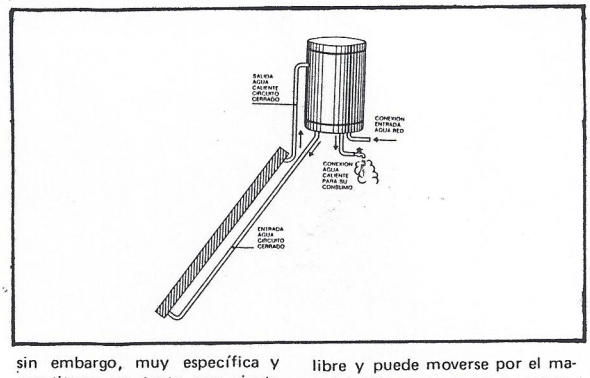
Un porcentaje muy elevado de la energía que llega a La Tierra (excepto la energía nuclear, contenida en el interior de la materia) nos la proporciona el Sol. Las energías hidráulicas (evaporación, lluvia); eólica (movimiento de las masas de aire provocadas por las diferencias de temperaturas entre las regiones); de fotosíntesis en las plantas, que ha proporcionado la materia prima de petróleos y carbones; en resumen, cualquier otra que podamos pensar, son simplemente subproductos de la energía solar. El Sol, productor de dicha energía, es un cuerpo caliente que emite unas radiaciones de la misma naturaleza que las ondas de radio y televisión, pero de menor longitud de onda, y que transportan energía. Sin embargo, al atravesar un medio material se producen fenómenos de reflexión y absorción de dichas ondas, que actúan sobre su longitud de onda y por tanto sobre la cantidad de energía transportada por ellas.

Para darnos una idea de la cantidad de energía que recibimos del Sol, puede decirse que La Tierra recibe en un año una energía que es unas mil veces la energía existente en las reservas actuales de petróleo. Ahora bien, su dificultad de utilización estriba en su carácter de fuente energética muy "diluida" y de carácter "intermitente". Por ello, antes de que la energía solar pueda proporcionar electricidad a gran escala, es preciso resolver dos problemas técnicos. El primero, el de la propia conversión de la energía de radiación en electricidad. El segundo, el poder disponer de esa electricidad cuándo y dónde se necesite, independientemente del tiempo, estación del año y hora del día. No debemos perder de vista igualmente, que ambos objetivos se deben lograr a precios competitivos con los de otras fuentes de energía.

SU UTILIZACION

Actualmente, es un hecho la utilización de la energía solar con vistas a sistemas de calefacción y aire acondicionado, existiendo incluso en nuestro país instalaciones a pleno funcionamiento. El esquema, como puede observarse en la figura, es sencillo. Un sistema colector, constituido generalmente por espejos parabólicos que concentran la radiación en un punto o colectores planos, en los que las radiaciones se captan tal y como se presentan, se conecta a una red de entrada de agua fría y salida a un depósito, convenientemente aislado, para poder efectuar el almacenamiento, que nos permite disponer del agua caliente en condiciones meterológicas adversas. Es de esperar que mejoras de tipo tecnológico, más bajos costes de fabricación y sobre todo importantes esfuerzos de penetración en el mercado, puedan conducir en un futuro próximo a una utilización de la energía solar, en estas dos facetas, a un precio económicamente competitivo con lo utilizado actualmente.

No obstante, para un mayor rendimiento en esta utilización de la energía solar, sería necesario en el futuro la construcción de edificios con una orientación adecuada, con buenos materiales de aislamiento, que hiciesen viable este aprovechamiento de la energía solar. Esta aplicación resulta, sin embargo, muy específica y constituye un tanto por ciento muy pequeño del total de la energía consumida, que es preferentemente de tipo eléctrico.



SU APROVECHAMIENTO

Por esta razón, la utilización masiva de energía solar, se enfoca en la producción de electricidad, bien a través de un proceso térmico o directamente mediante células solares.

En el primer procedimiento, la energía solar es concentrada, como en el caso anterior, mediante un sistema de espejos, bien en una caldera, o en una tubería por donde circula un fluido que al convertirse en vapor moverá una turbina para generar energía eléctrica. Sin embargo, los costes calculados en su puesta a punto son del orden de seis veces el coste actual, por lo que resulta de muy difícil desarrollo.

El segundo, mediante el empleo de células solares, resulta mucho más prometedor y a largo plazo competitivo con cualquier otro tipo de producción de energía. Las células solares son capaces de convertir directamente la luz en energía eléctrica. Las más utilizadas están hechas de silicio, material muy abundante en la naturaleza, y el esquema de funcionamiento es el siguiente: El silicio, es un elemento cuyos átomos no tienen electrones libres, ya que los cuatro electrones de su última capa, se utilizan para establecer relación con los átomos vecinos, por tanto es un aislante, ya que no es posible un desplazamiento de electrones que originará una corriente eléctrica. Ahora bien, si en un cristal de silicio introducimos átomos de fósforo, la estructura queda inalterada: cada átomo de fósforo sustituye a uno de silicio, pero como el fósforo tiene cinco electrones en su órbita externa, uno de ellos queda libre y puede moverse por el material. Diremos entonces que tenemos silicio de "tipo N". Si en lugar de fósforo introducimos boro (tres electrones en su capa externa) se crean "agujeros" positivos equivalentes a la ausencia de electrones y que se mueven al igual que éstos. El silicio es ahora de "tipo P".

Si tenemos un bloque tal como el de la figura, parte "tipo N" y otra "tipo P", al incidir un fotón de luz con energía suficiente, arranca un electrón de un átomo de silicio y crea un "agujero" positivo, de tal manera que el campo creado hace que el "agujero" se desplace hacia la "zona P" y el electrón hacia la "N". Estos dos movimientos inversos corresponden a corrientes eléctricas del mismo sentido, ya que las cargas son opuestas. La energía eléctrica producida mediante este sistema es proporcional a la superficie iluminada del conjunto por lo que sería necesario la construcción de grandes paneles de células solares, formadas por discos de silicio de 3 a 9 cm. de diámetro y 300 micras de espesor, que recogiesen la energía solar y en esto se está experimentando.

Sien embargo, solamente la mitad de los fotones que lleguen a La Tierra, poseen la energía necesaria para crear pares electrón-"agujero" en una célula solar de silicio, y aun así, de los que llegan, una parte considerable de la energía de los fotones se convierte en calor en lugar de energía eléctrica. Esto hace que el rendimiento máximo que se puede alcanzar con estos dispositivos sea del 20 por ciento.

Aun así, las células solares han sido desarrolladas dentro del programa espacial y proporcionan energía eléctrica a todos los vehículos espaciales, constituyendo una solución, totalmente satisfactoria, para el suministro de energía sin ningún tipo de combustible; pero son caras. Y esto es en función de la pureza química y perfección cristalográfica que dichas células solares requieren para lograr su más alto rendimiento. Los procesos que se verifican son en sí mismos muy costosos y necesitan una mano de obra y tecnificación muy cualificada.

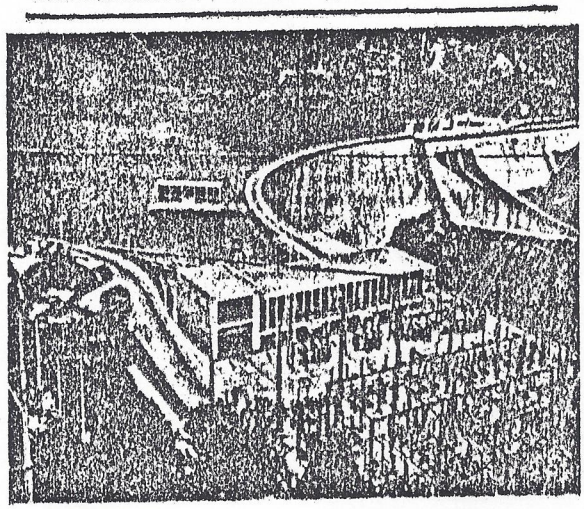
Lo que parece claro es que en este campo no se necesitan nuevos descubrimientos científicos, sino una gran dosis de meticulosa ingeniería para poner en práctica los conocimientos ya probados. Aunque hoy en día dispusiéramos de un proceso completo en todos sus detalles para fabricar células solares, harían falta varios años para montar una industria que produjera las células solares y otros tantos para que dicha producción de energía pudiese ser competitiva con las otras fuentes energéticas. El problema, como otras veces hemos dicho, es de planteamiento y solución a corto o largo plazo. El carácter de la descentralización de la energía solar, en contra del actual monopolio que se da a nivel mundial en la industria energética, no cabe duda que influye en que este proceso sea lento; sin embargo, el constante aumento del precio del petróleo y las restricciones de éste, así como del uranio, junto con la perfección industrial de producción de células solares, pueden hacer a la energía solar cada vez más atrayente; encontrando un lugar en el mundo energético antes de lo que muchos sospechan.

LUIS J. QUINDOS
JESUS SOTO
Licenciados en C. Físicas

DIVULGACION CIENTIFICA

La llamada crisis del petróleo ha puesto de manifiesto de manera patente la debilidad del mundo frente a la escasez de energía. La necesidad de aprovechar otras alternativas energéticas se ha hecho ya evidente. Sin embargo, cabe plantearse en primer lugar si las opciones ya existentes son suficientes en vistas a resolver el problema. Algunos han sugerido ya una vuelta a la abandonada, debido a su más cara explotación, de las minas de carbón. La respuesta a esta sugerencia se plantea en términos de solución del plomo a corto o largo plazo: si bien la minería del carbón podría solucionar la crisis momentáneamente, no conseguiría hacerlo de aquí a un período evaluado en unos cien años. El problema, por tanto, es idéntico al del petróleo. Otra sugerencia es la intensificación en el aprovechamiento de la principal forma de energía utilizada actualmente, la energía hidráulica. Es indudable que una mayor profundización sobre el tema nos podría llevar a un aumento del rendimiento de dichas instalaciones. Sin embargo, debemos tener en cuenta que los embalses que actualmente funcionan se encuentran ubicados en condiciones naturales óptimas, por lo que la construcción masiva de nuevos embalses representaría una degradación importante del medio ambiente. La posibilidad de que pueblos enteros quedaran sepultados por las aguas, hacen que dicha alternativa deba considerarse adecuadamente. En la actualidad la principal dirección para sustituir los recursos energéticos clásicos es la de la energía nuclear. El programa de la industria nuclear lleva consigo la instalación de una serie importante de reactores de una eficacia probada y un buen rendimiento. Su tecnología y diseño son aspectos ampliamente estudiados científicamente y por lo tanto constituye un producto apto para su utilización inmediata. No es ajena, sin embargo, a la escasez de materias primas. Así, la futura escasez de uranio plantea el problema de la fabricación de nuevo combustible. Ante este problema, dos son las alternativas: por una parte, el reprocesado del combustible gastado y por otra la investigación sobre nuevos tipos de reactores. La primera, de la que hicimos mención en nuestro anterior artículo, es una solución también a corto plazo, por darlo en sí la cantidad total de uranio existente. La segunda, es la de la búsqueda de un reactor de reproductos que forme una mayor cantidad de combustible del que gasta. Esto se puede conseguir mediante la utilización de Pu 239 como elemento combustible, que coexiste en el núcleo con una cierta cantidad de U 238. Al ser atacado dicho plutonio Pu 239 por neutrones rápidos, cuya energía resulta bastante mayor que la de los neutrones en los reactores normales, a la vez que se produce la fisión del Pu 239 y la consiguiente liberación de energía, tiene lugar igualmente la captura de neutrones por el U 238 con lo que se verifica su transformación a Pu 239. De esta manera en este tipo de reactores es posible que la producción de Pu 239 por este concepto sea mayor que el propio consumo de combustible. Con esto lograríamos un reactor de potencia y reproductor. Actualmente dicho tipo de reactores se encuentran en un período de experimentación.

ALTERNATIVAS ENERGETICAS



ENERGIA ATOMICA

Dentro del intento de aprovechar la energía existente en el interior del núcleo atómico pero muy distante de la energía de fisión se encuentra la fusión nuclear. Se basa en que cuando se unen varios núcleos de un elemento ligero como es el hidrógeno para formar un elemento más pesado, se libera una cantidad de energía que es aún mayor que la producida en el rompimiento del uranio. A pesar de que el proceso es suficientemente conocido, habiéndose utilizado en explosiones nucleares y presentar unas características de gran interés, no se ha encontrado hasta el presente una forma de control de la reacción en cadena, conseguido en el proceso de fisión, y las perspectivas de este control no aparecen claras.

ENERGIA GEOTERMICA Y DEL MAR

Fuera de la energía nuclear, se han propuesto otras formas de solucionar en el futuro el problema de la energía. Estas son las llamadas "alternativas ecológicas" de las que la más importante es, sin duda, la de la energía solar y que por su importancia y futuro merecen capítulo aparte.

Dentro de dichas alternativas el aprovechamiento de la energía geotérmica se funda en que la temperatura crece a medida que nos acercamos al centro de la Tierra. Excavando hasta una profundidad adecuada podemos, por tanto, tener un foco calorífico a una temperatura suficientemente elevada. Con dos focos caloríficos, el otro en la superficie a distinta temperatura, podemos ya hacer funcionar una máquina térmica convencional que transformará una parte de calor que sale del foco caliente para ir al foco frío en una cantidad de trabajo. Sin embargo, los resultados obtenidos en las experiencias realizadas han sido de un escaso rendimiento.

Igualmente la intención de aprovechar la energía de las mareas tiene ya algunas decenas de años. La subida del nivel del mar lleva consigo la acumulación de un gran energía potencial del agua que podría convertirse en formas de energía más utilizables. Aunque este efecto se aprovecha en canales y esclusas, su transformación en energía eléctrica necesita junto con la característica de importantes elevaciones del nivel del agua, una gran inversión para la creación de centrales mareomotrices, cuyo rendimiento está muy condicionado por la intesidad local de las mareas, por lo que su realización resulta bastante inviable en la mayor parte de los casos.

ENERGIA EOLICA

Junto a las señaladas y excluyendo la energía solar, la energía del viento o eólica, constituye la opción ecológica más importante. No obstante, posee dos claros inconvenientes: su carácter intermitente y presta una distribución irregular, ya que para su óptimo aprovechamiento de dicho tipo de energía, son necesarios regímenes de viento constantes y de velocidad uniforme. Esto hace que sean necesarios una serie de estudios de dirección, constancia y velocidad de viento, que fijen las zonas climatogeográficas adecuadas. Su aprovechamiento se lleva a cabo según el esquema del clásico molino de viento. Transmitiendo el movimiento de las palas del molino a un alternador o una dinamo puede obtenerse una corriente eléctrica. La energía obtenida de esta manera es económicamente competitiva con cualquiera de otro tipo pero presenta junto a los inconvenientes ya indicados el de su alto coste de instalación.

En total, de lo expuesto sobre las distintas formas de producción de energía, incluyendo a la solar, podemos decir que varias tienen un gran interés y deben ser más experimentadas. Es posible que en un futuro no lejano sustituyan a las hasta ahora existentes, ahora bien, teniendo en cuenta los riesgos que comporta a corto plazo, el abastecimiento de energía que la sociedad demanda y en íntima relación con la política mundial en este campo, pensamos que hasta entonces la energía nuclear seguirá siendo una alternativa importante como solución a la crisis energética planteada.

LUIS J. QUINDOS
JESUS SOTO
Licenciados en C. Físicas