

# Experiencia adquirida en la esfera nucleoelectrónica

por J. Daghish\*

La Conferencia Internacional sobre la Experiencia Adquirida en la Esfera Nucleoelectrónica<sup>+</sup>, organizada por el OIEA, destacó las enseñanzas obtenidas en las esferas técnicas y económicas de la producción de energía nucleoelectrónica durante los últimos 30 años. Durante una semana de reuniones y discusiones de grupos de expertos se estudiaron la planificación y desarrollo de programas nucleoelectrónicos (especialmente en los países en desarrollo), el ciclo del combustible nuclear, la experiencia en materia de seguridad nuclear, las salvaguardias internacionales y otra serie de temas.

En cierto modo, esta Conferencia abrió el camino a otra Conferencia de las Naciones Unidas para el Fomento de la Cooperación Internacional en la Utilización de la Energía Nuclear con Fines Pacíficos para el Desarrollo Económico y Social (que se celebrará en Ginebra del 29 de agosto al 9 de septiembre de 1983). Las Naciones Unidas organizan esta Conferencia porque tienen conciencia de la necesidad de apoyar a escala mundial los programas nucleares que ofrecen garantías adecuadas de no proliferación y las discusiones en dicha reunión se basarán en la experiencia adquirida, que permitirá mirar hacia el futuro.

En la Conferencia Internacional sobre la Experiencia Adquirida en la Esfera Nucleoelectrónica, el Dr. Hans Blix, Director General del OIEA señaló que el año 1982 coincide con el vigésimo quinto aniversario del Organismo y el quincuagésimo aniversario del descubrimiento del neutrón por Chadwick. A los diez años de realizarse descubrimiento tan fundamental, no solamente se conocía el proceso de fisión sino que se había puesto en práctica en la pila de Fermi en Stagg Field, Chicago, en diciembre de 1942<sup>†</sup>. “En mi opinión, diez años es un período notablemente breve para pasar de un descubrimiento fundamental a una aplicación que demostró grandes posibilidades,” manifestó el Dr. Blix. “Es verdad que parte de estas posibilidades eran de tipo militar y que esta aplicación fue la que se consideró prioritaria. No obstante, de diez a quince años después de que tuviese lugar la primera reacción en cadena en una pila construida por el hombre teníamos ya en tres países

centrales de demostración de producción de energía nucleoelectrónica. De nuevo, este progreso fue notablemente rápido.

“Transcurridos otros diez años, en 1962, se encontraban ya en funcionamiento las primeras centrales nucleares en gran escala con fines de demostración y se estaba gestionando el contrato para la construcción del primer reactor de agua ligera comercialmente competitivo. Este hecho en sí mismo tuvo una influencia fundamental en el desarrollo del mercado nuclear internacional, en el que rápidamente predominó el reactor de agua ligera, aunque no sin cierta competencia por parte de otros sistemas. El resultado, como todos sabemos, fue un gran aumento en los encargos de centrales nucleares.

“Hace diez años, en 1972–1973, cuando se produjo la primera conmoción debida a los precios del petróleo, se creyó no solamente que la energía nucleoelectrónica estaba sin duda destinada a producir la mayor parte de la electricidad sino también que establecería un nuevo criterio de comparación de los costos de la energía. En realidad resultó ser el comienzo de una década conflictiva para la energía nucleoelectrónica, caracterizada por preocupaciones sobre cuestiones técnicas y económicas y por una disminución de la confianza de la opinión pública de muchos países en los beneficios de esta fuente de energía.”

Michel Pecqueur, Administrador General del Commissariat à l’Energie Atomique francés subrayó esta cuestión en una intervención fundamental. Durante los últimos 30 años se ha producido un incremento sin precedentes en el consumo de energía paralelamente a una expansión industrial nunca antes conocida. Desde 1973 el problema energético ha sido prioritario en la economía mundial; la vuelta al crecimiento económico único método para poner fin al desempleo, requiere la libre disponibilidad de recursos energéticos suficientes a precios aceptables y una seguridad de suministro garantizada. Es absolutamente necesario conseguir el desarrollo progresivo de los diversos recursos energéticos — diversos en naturaleza y origen geográfico — para restaurar el equilibrio económico mundial. Los países en desarrollo deben tener en el futuro más posibilidades de acceso al petróleo importado, que constituye la fuente de energía más flexible y sencilla de utilizar. En un mundo de interdependencia, el desarrollo de esos países mantendrá el crecimiento de los países industrializados que, a su vez, deben moderar sus necesidades y reducir sus importaciones de petróleo en la medida de lo posible. “A la energía nuclear le corresponde un importante cometido”, dijo el Sr. Pecqueur. “Junto con el carbón y para usos en gran escala es, con mucho, el mejor sustituto del petróleo. Es fiable, es segura y es económica. Resumiendo: este tipo de energía ha alcanzado plena madurez”.

\* En el momento de celebrarse la Conferencia Internacional sobre la Experiencia Adquirida en la Esfera Nucleoelectrónica el Sr. Daghish era redactor jefe de *ATOM*, boletín de la United Kingdom Atomic Energy Authority, 11 Charles II Street, Londres SW1Y 4QP (Inglaterra).

<sup>+</sup> A la Conferencia Internacional sobre la Experiencia Adquirida en la Esfera Nucleoelectrónica, celebrada del 13 al 17 de septiembre de 1982 en Viena, asistieron más de 1000 participantes de 61 países. En la Conferencia se leyeron y discutieron 288 memorias de 32 países y nueve organizaciones internacionales. En fecha posterior el OIEA publicará las actas de la Conferencia.

<sup>†</sup> Véase el artículo del Sr. Goldschmidt en página 3 de este número del *Boletín del OIEA*.

¿Por qué es tan difícil entonces actualmente utilizar la energía nuclear, incluso en los países en desarrollo? El Sr. Pecqueur esbozó esquemáticamente los debates que tendrían lugar durante el resto de la semana. El establecimiento de la industria nuclear en cualquier país es una empresa complicada que, con las actividades auxiliares de investigación y desarrollo, representa una inversión que solamente pueden realizar los países industrializados más importantes. Si otros países desean tener acceso a la energía nuclear deben primeramente financiar la compra de reactores. Ahora bien, las unidades nucleares que se ofrecen hoy día en el mercado son en general adecuadas solamente para países con grandes redes de distribución de electricidad. Dado que las centrales nucleares exigen personal muy competente, las necesidades de capacitación actúan como un obstáculo y retrasan la introducción de la energía nuclear en algunos países.

El Sr. Pecqueur señaló que el problema del desarrollo de la energía nuclear es particularmente agudo en los países industrializados en los que "debería existir un desarrollo armónico y metódico de la energía nuclear adaptado a las necesidades nacionales. Desgraciadamente, muchos de los numerosos encargos realizados en el período de 1970 a 1975, que deberían producir sus frutos actualmente, se han cancelado como consecuencia de dificultades de orden psicológico". La industria nuclear es todavía algo "nuevo". "Si tal es la situación actual, nosotros somos en parte responsables de ella", dijo. "Hemos desarrollado la energía nuclear, y estimo que lo hemos hecho de un modo correcto. Por otro lado, durante largo tiempo nos hemos abstenido de dar a conocer nuestros resultados a la población en general. No es una cuestión sencilla, pues el tema es tan técnico que es difícil de comprender. Pero debemos esforzarnos por poner en conocimiento de un sector más amplio de población nuestra labor y eliminar de este modo el aura de misterio que rodea el tema de la energía nuclear . . . Un intercambio democrático de puntos de vista e información abre el camino para una mejor comprensión y conduce ulteriormente al convencimiento.

"Pero esto supone también una mayor determinación política a nivel nacional. Nosotros tenemos un cometido que desempeñar, ciertamente, pero en el sentido más amplio de la palabra, se trata fundamentalmente de una responsabilidad política, dado que los fenómenos psicológicos han adquirido en esta esfera una importancia capital."

Ninguna otra industria ha estudiado los problemas de seguridad física y seguridad operacional con tanto cuidado, dijo el orador, destacando de nuevo un tema común en las presentaciones que seguirían. "Ahora bien, siempre nos hemos negado a decir que nuestras centrales nucleares eran un cien por cien seguras. Aunque la posibilidad de que se produzca un accidente grave sea muy pequeña, reconocemos el hecho, al menos en teoría, de que pueda producirse. Esta admisión, a pesar de que se basa en conocimientos científicos, es explotada a menudo para tratar de imponer reglamentos cada vez más draconianos y conseguir la prueba más asequible de una seguridad absoluta. Esta actitud tiene por resultado retrasar considerablemente los trabajos de construcción de las centrales nucleares, aumentar notablemente sus costos,

y todo para modificar solo nominal y ligeramente el nivel de seguridad, porque a menudo tal actitud no considera los problemas reales. Incluso puede tener el efecto contrario, es decir, hacer más difícil el funcionamiento de una central nuclear ya es mucho más complicada.

"Del mismo modo, cuando se considera la etapa final del ciclo del combustible nuclear, es muy sencillo exigir que desde el momento en que se decide la construcción de una central nuclear se posea información completa no solo sobre la central, sino también sobre el combustible y sobre su destino por los siglos de los siglos. Los adelantos técnicos en esta esfera han sido tales que podemos decir hoy que existen soluciones para acondicionar con seguridad los desechos procedentes de la reelaboración del combustible irradiado o incluso del propio combustible, aunque esta última solución nos parece menos satisfactoria técnicamente hablando. Pero es peligroso querer establecer las posibilidades técnicas con varios decenios de anticipación, especialmente cuando pueden encontrarse entretanto mejores soluciones en particular, en el caso de las técnicas de almacenamiento definitivo. Por lo tanto, debe concederse a los científicos y técnicos el tiempo necesario para poner a punto las mejores soluciones posibles".

El Sr. Pecqueur finalizó haciendo un llamamiento a la naturaleza racional del hombre. "Es prácticamente seguro que en los próximos 20 años nuestro planeta se enfrentará con graves crisis energéticas, y la vulnerabilidad de nuestros suministros energéticos tendrá grandes repercusiones en nuestras economías, dijo. "Por otro lado, las perspectivas que se nos ofrecen para el siglo XXI indican que hemos de añadir una nueva dimensión a los recursos energéticos del mundo. ¿Va a permitir la humanidad que escape de sus manos por inconsciencia o indiferencia un producto esencial, económico, seguro y disponible, especialmente cuando puede asegurar la supervivencia energética de la humanidad a medio y largo plazo? Como soy un decidido optimista no puedo creerlo y sigo pensando que la compleja máquina del mundo nuclear comenzará de nuevo a marchar progresivamente y a causar un renacimiento de los programas nucleares."

### Límites del crecimiento

El Profesor Ivan Morozov, Vicepresidente del Comité Estatal de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas para la Utilización de la Energía Atómica, expuso en una segunda interreunión esencial que las reservas mundiales de carbón, uranio, torio y en especial de combustibles termonucleares podrían satisfacer las necesidades de energía de la humanidad durante siglos con prácticamente cualquier ritmo de aumento de la demanda. Los límites del crecimiento vendrían determinados por otros factores, en particular de índole ecológica.

El Profesor Morozov señaló los principales factores técnicos, económicos, sociales y políticos que es probable que influyan sobre las tareas de crecimiento de la energía nucleoelectrónica hasta finales del presente siglo y principios del siguiente. En primer lugar serán de importancia los progresos conseguidos en la tecnología y en la creación de capacidad en las etapas finales del ciclo del combustible



A la Conferencia sobre la Experiencia Adquirida en la Esfera Nucleoelectrica asistieron más de un millar de participantes de 61 países. También mostró gran interés la prensa. En la fotografía aparecen los oradores en la conferencia de prensa celebrada al final del primer día: (de izquierda a derecha) Sr. B.A. Semenov, Presidente del Comité Directivo de la Conferencia y Director General Adjunto del OIEA, Jefe del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares; el Profesor I.G. Morozov, de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, que pronunció una de las conferencias introductorias; el Director General del OIEA, Sr. Hans Blix, el Sr. M. Pecqueur de Francia, que pronunció otra conferencia introductoria y el Jefe Adjunto de la Secretaría Científica de la Conferencia, Sr. R. Skjoeldebrand.

—reelaboración y almacenamiento y evacuación de desechos radiactivos—. En principio, los aspectos técnicos y tecnológicos más importantes de estos problemas de reelaboración y gestión de desechos se han resuelto ya. En opinión del Profesor Morozov, no existe otra posibilidad razonable más que la reelaboración si se ha de desarrollar en gran escala la energía nucleoelectrica.

El orador manifestó que “es preciso tener siempre presentes ciertos factores que actúan constantemente: el incremento de la población, el control de una gran explosión económica que abarca también la producción de energía tanto en los países desarrollados como en desarrollo, el aumento del consumo de energía por la industria, la protección del medio ambiente, la necesidad de solucionar problemas sociales, y otras cuestiones similares”.

Aparte de su empleo para la generación de electricidad, se puede esperar un cierto aumento de la participación de la energía nuclear en la producción total de energía a partir de la década de los 90 debido a la sustitución de los combustibles fósiles por la energía nuclear para la producción de calor. El Profesor Morozov señaló que más de la mitad del consumo de combustibles fósiles en la Unión Soviética se destinaba a dicho fin.

“El problema de la utilización en gran escala de los combustibles nucleares para la producción combinada de calor y electricidad está actualmente en estudio en

una serie de países, y relativamente pronto surgirá sin duda una nueva y amplia especialidad: la ingeniería nuclear para la producción de calor y electricidad”. “La Unión Soviética ha concebido y está ejecutando proyectos relativos a la generación de calor nuclear y a centrales en las que la producción térmica se combina con la de electricidad, y también relativos a centrales nucleares para calefacción a distancia que producen solamente calor con fines domésticos.”

Otra utilización de la energía nuclear sería sin duda la producción de calor a elevada temperatura con fines industriales, utilizando reactores de alta temperatura refrigerados por helio y moderados por grafito; esto ampliaría la gama de aplicaciones directas de las fuentes energéticas nucleares en metalurgia y en procesos químicos tales como gasificación del carbón. En principio, el combustible nuclear puede utilizarse también eficazmente en aplicaciones relativas al transporte: la navegación prolongada de buques rompehielos de propulsión nuclear en condiciones transárticas, a latitudes elevadas ha demostrado convincentemente que tales naves son capaces de realizar tareas que son excesivamente difíciles para los rompehielos propulsados por combustibles fósiles. La Unión Soviética tiene también cierta experiencia en la utilización de buques de propulsión nuclear para el transporte de carga. “Aunque la utilización de la propulsión nuclear para buques plantea una serie de problemas complejos y difíciles, es muy posible que en un futuro no muy lejano la construcción de navíos

nucleares de gran capacidad —por ejemplo, buques para contenedores— sea económicamente viable”.

El Profesor Morozov señaló que mucho antes de que se agotasen los recursos de uranio sería necesario adoptar medidas destinadas a reducir el ritmo de consumo ese mineral mejorando la economía de los ciclos del combustible para reactores térmicos (aumentado los grados de quemado alcanzados, introduciendo la reelaboración del combustible agotado en gran escala y mediante otras medidas), e introduciendo los reactores rápidos. Dijo que es preciso recalcar “la importancia vital de este enfoque particular porque es el único que permitirá virtualmente a todos los países conseguir el desarrollo energético que necesitan basándose en combustibles secundarios o procedentes de los recursos nacionales de combustible, pues en tal caso el precio del uranio ya no será un factor decisivo.” Ahora bien, cronología de la introducción de los reactores rápidos depende de muchos factores; de acuerdo con las previsiones más optimistas se comenzaría en la década de los 90.

### Puntos destacados de las sesiones

La conferencia fue notable por el amplio acuerdo existente entre las conclusiones deducidas en las memorias presentadas por autores de una amplia variedad de orígenes, tanto de los países industrializados como de los países en desarrollo.

Importante y evidente es el hecho de que la contribución nuclear al suministro de electricidad es ya importante y tiende a aumentar. Por ejemplo, en Francia las centrales nucleares produjeron en 1981 casi 100 000 millones ( $100 \times 10^9$ ) kWh de electricidad, lo que supone aproximadamente el 40% de la producción total del país. En Suecia el porcentaje fue del 36%; en Bélgica, el 22%; en Japón, el 17%; en la República Federal de Alemania, el 15%; y en los Estados Unidos y el Reino Unido, el 12% aproximadamente. La importancia de la contribución que la energía nuclear puede realizar a la generación de electricidad se admite incluso en países que hasta ahora solo tienen programas comparativamente reducidos. España indicó que la energía nuclear es “una alternativa casi obligada si se desea continuar el desarrollo económico, industrial y social”; en la India, la penuria de electricidad ha sido “el factor más importante que afecta al desarrollo económico”. En realidad muchos países en desarrollo se están viendo obligados a recurrir a la energía nuclear, a pesar del enorme esfuerzo nacional requerido, simplemente para conservar sus limitados recursos tradicional, ya sean éstos hidroeléctricos, carbón y petróleo e incluso madera combustible. La experiencia de la India muestra los problemas con que puede enfrentarse un país en desarrollo; la necesidad de una infraestructura industrial adecuada, los dilatados plazos de maduración de los proyectos, la dificultad de explotar unidades nucleares relativamente grandes en redes de distribución de tamaño pequeño o medio etc. Ahora bien, “es totalmente posible para un país en desarrollo obtener los beneficios de la tecnología nucleoelectrica”.

A pesar de la permanente necesidad de energía, un factor limitativo del ritmo de crecimiento de los pro-

gramas nucleares mundiales es el creciente costo de las medidas necesarias para garantizar seguridad. Por ejemplo, en una memoria presentada por Bélgica se señaló que el 30% del costo de una central nuclear que entró en servicio en 1975 se debía a dichas medidas. Para centrales actualmente en construcción, que entrarán en servicio en 1982 y 1984, esta proporción se ha elevado a casi el 50%. Paralelamente, los plazos de construcción de centrales, normalmente de unos cinco a seis años en la mayoría de los países, han tendido a aumentar debido a la creciente atención concedida al diseño de la central y a la garantía de calidad, con el fin de satisfacer requisitos reglamentarios cada vez más estrictos.

En una comunicación de la Conferencia Mundial de la Energía presentada en una sesión plenaria anterior se señaló que la energía nuclear “es una tecnología más que comprobada; pero a medida que se incrementa su utilización tropieza con problemas más difíciles de aceptación social que, no obstante, varían según los países. Durante los últimos años los riesgos nucleares han constituido el núcleo de muchos debates, y quizás no se ha concedido suficiente importancia a los riesgos todavía mayores que amenazan si la energía nuclear no asume a tiempo el cometido que se espera que desempeñe”. Aunque las previsiones energéticas pueden considerarse con relativo escepticismo, constituyen no obstante indicadores útiles de las tendencias futuras. “En el supuesto de que se produzcan condiciones de crecimiento razonables y no tenga lugar una catástrofe, en nuestra opinión hacia los años 2000 a 2020 el mundo no podrá satisfacer sus necesidades energéticas sin la energía nuclear”.

Esta comunicación estuvo apoyada por una memoria de la Santa Sede que argumentaba que la humanidad podría asegurar una disponibilidad adecuada de energía antes o cerca del final del siglo siempre que adopten ahora las medidas necesarias con suficiente resolución. La memoria de la Santa Sede reconocía que se ha expresado cierta preocupación en cuanto a las posibles relaciones entre la energía nuclear y la proliferación de las armas nucleares, pero continuaba: “En esta esfera, no obstante, se reconoce que una vez conseguido un cierto nivel de conocimientos y de pericia técnica, el hecho de que un país desarrolle armas nucleares viene principalmente determinado por consideraciones políticas. Por ello, con precauciones adecuadas, no existe ninguna razón para impedir el desarrollo de la energía nuclear para usos civiles.”

### Situación actual

En la conferencia se manifestó que existen en la actualidad 281 centrales nucleares en los Estados Miembros del OIEA, con una potencia total más de 161 000 MW(e), en condiciones de suplir el 10% de la energía generada en todo el mundo en 1982. Hoy en día las centrales nucleares se consideran aptas no solo para proporcionar carga de base, sino también para los seguimientos de carga; por otra parte, la utilización de las centrales nucleares para producir electricidad y calor simultáneamente experimenta un auge en la Unión Soviética especialmente. Del total de la potencia nuclear instalada, los reactores de agua a presión representan el

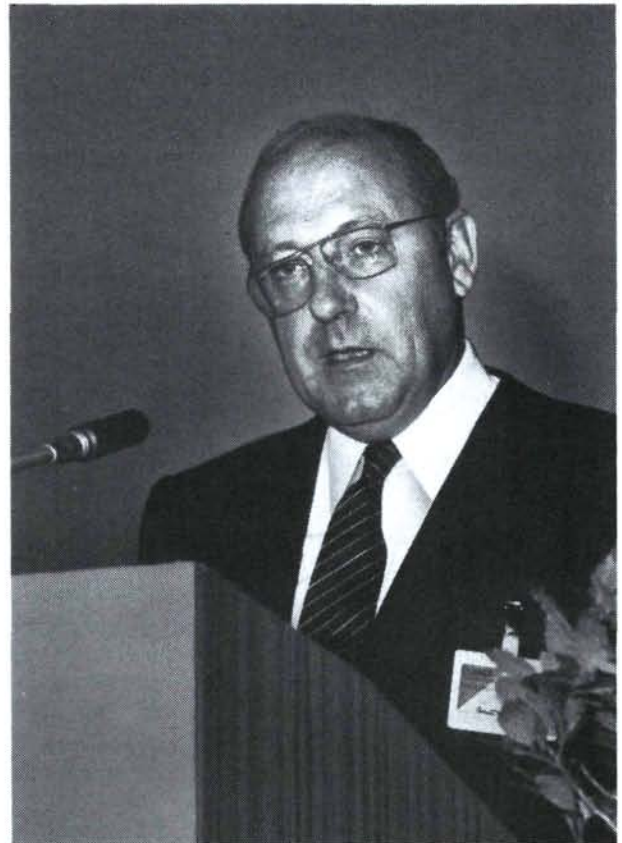
55,5% [91 323 MW(e)]; los reactores de agua en ebullición el 26% [42 050 MW(e)]; los reactores de agua ligera moderados por grafito el 6,1% [9926 MW(e)]; los reactores de agua pesada a presión el 3,8% [6093 MW(e)]; los reactores refrigerados por gas el 4,5% [7484 MW(e)]; y el 3,1% [5000 MW(e)] corresponde a los restantes tipos de reactores.

En una memoria conjunta de la Conferencia Mundial de la Energía/UNIPED\* y del OIEA se examinaban los resultados obtenidos mediante las centrales nucleares y se comparaban éstas con las alimentadas por combustibles fósiles de tamaño similar, recurriendo a datos recogidos en el Sistema de Información sobre Reactores de Potencia (PRIS) del Organismo. El informe concluía que el factor de disponibilidad de las centrales nucleares no ha sido apreciablemente menor que el de las centrales de combustible fósil de las mismas dimensiones, aunque sería de desear —y parece todavía posible— mejorar dicha disponibilidad de las centrales nucleares, principalmente mejorando la realimentación de la información relativa a la experiencia de explotación en centrales similares, y mediante una mejor gestión. Los componentes de tipo “ordinario”, es decir, ajenos a la tecnología nuclear, han resultado ser los que en mayor medida contribuyen a la no disponibilidad, y en el informe citado se apuntaba que un enfoque cauto y de criterio conservador con respecto a la normalización de los componentes principales y en lo referente a las extrapolaciones del diseño a partir de dimensiones y comportamientos conocidos ayudaría en el futuro a soslayar tales problemas.

En el mismo informe se señaló que, en comparación con el factor de carga teórico del 80%, que es todavía el que los fabricantes señalan como alcanzable para las centrales nucleares de recarga en parada, el 62,4% conseguido en 1980 para las centrales incluidas en el PRIS representaba una pérdida de potencia producida de 160 teravatio-hora [que corresponde a una capacidad de producción eléctrica de 23 120 MW(e) con un factor de carga teórico del 80%]. Esta “pérdida” puede considerarse como una reserva a la que se podría recurrir en el futuro sin llegar a construir nuevas centrales *siempre* y *cuando* fuese posible aumentar la capacidad de las instalaciones ya existentes.

Los resultados de los estudios conjuntos OIEA/UNIPED sobre inversiones y sobre los costes de producción indican que los costes de inversión en las centrales nucleares están elevándose más rápidamente que en las centrales alimentadas con carbón, con la posible excepción de las centrales construidas en Canadá y Francia. Causa importante de este rápido aumento es, según se observa, el alargamiento drástico de la duración de los períodos necesarios para la ejecución de los proyectos en la mayor parte de los países. De nuevo aquí es Francia notable excepción pues ha podido mantener esos períodos estables y razonablemente breves.

El informe concluía, sin embargo, que, a pesar de esto, la producción de electricidad nuclear presenta ventajas económicas sobre la de las centrales alimentadas con carbón en Europa y Canadá, y es competitiva con



El Administrador general del Commissariat à l'énergie atomique (Francia), Sr. Pecqueur, señaló en su importante intervención que, desde 1973, el problema energético ocupa uno de los primeros lugares en la economía mundial. El restablecimiento del crecimiento económico, único factor que puede poner fin al desempleo, exige como premisa suficiente energía a precios aceptables y de abastecimiento seguro.

el carbón en los Estados del este y del norte del centro de los Estados Unidos. (En la parte occidental de los Estados Unidos de América, la abundancia y bajo precio del carbón hace más económica la producción de electricidad en centrales alimentadas con carbón.) Un estudio de la UNIPED sobre los costos de producción en Bélgica, Francia, la República Federal de Alemania, Italia, los Países Bajos y el Reino Unido demostró, dadas ciertas hipótesis específicas para cada país, que a una tasa de actualización del 5% anual, el coste de la producción en las centrales nucleares se sitúa en el orden del 53% (República Federal de Alemania), al 76% (Reino Unido) respecto del coste de generación de las centrales alimentadas con carbón en el mismo país. A una tasa de actualización del 10% anual, que los autores del informe consideraban demasiado elevada en términos reales, la electricidad nuclear sería todavía competitiva, situándose desde el 67% (en Francia) al 93% (en el Reino Unido) del coste de una central alimentada con carbón.

La nota clave de los análisis del rendimiento técnico de las centrales nucleares, se encontraba quizá en la memoria presentada por la República Federal de Alemania, que llegaba a la conclusión de que los explotadores no pueden contentarse con determinar que la experiencia adquirida en la explotación hasta ahora puede considerarse “buena”. La adquisición de experiencia de explotación debe actuar como impulso hacia un continuo perfecciona-

\* Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Energía Eléctrica.

miento. Un tema común a todas las memorias presentadas era que el objetivo de continuidad en la seguridad y economía de la explotación podía alcanzarse mediante la normalización del diseño, el empleo de materiales y procedimientos de fabricación normalizados, la construcción de series de centrales de un mismo diseño y mismas características técnicas (como en Francia), el empleo de análisis estrictos y efectivos de garantía de calidad y procedimientos de control de calidad, y el perfeccionamiento de las prácticas operacionales de las centrales mediante el intercambio de información acerca de la experiencia práctica adquirida en la explotación y mediante información sobre los métodos aplicados para la solución de problemas genéricos.

### Factores del ciclo del combustible

Es evidente, según una de las memorias, que a pesar de los cambios que se han producido en la esfera económica desde 1973, que han llevado a más bajas previsiones de crecimiento de la demanda energética, no ha variado la línea general de desarrollo necesaria para asegurar una aportación continuada y valiosa de las técnicas nucleares al suministro de energía. La capacidad de suministro de uranio excede actualmente a la demanda, situación que podría mantenerse hasta la década de los años 90 si el mercado del uranio evoluciona de manera ordenada. A primera vista esto podría reducir la urgencia de la reelaboración del combustible agotado, pero los autores del Reino Unido destacaron que es preciso tener presentes otras consideraciones:

- A largo plazo, las ventajas desde el punto de vista ambiental propician la reelaboración y utilización del plutonio extraído;
- La reelaboración del combustible de los reactores térmicos proveerá las existencias iniciales de plutonio para los reactores rápidos, que producirán a continuación su propio combustible de sustitución;
- Las apreciaciones sobre el momento en que se necesitarán los reactores rápidos no son unánimes, pero la mayoría de los observadores que conocen el tema opinan que sería razonable prever la introducción comercial de estos reactores durante el primer cuarto del siglo próximo;
- Para poder implantar un sistema comercial que englobe tanto los reactores rápidos como sus ciclos del combustible es necesario previamente un período de prueba de unos diez años.

De estas y de otras consideraciones se infiere que la opción de la reelaboración ha de someterse a prueba con anticipación, utilizando centrales de grandes dimensiones para beneficiarse al máximo del factor de economía de escala. Las grandes centrales, al hacer que la reelaboración se concentre en un número limitado de centros permitirían también aplicar mejores procedimientos de salvaguardia y disiparían los temores sobre la proliferación.

En una memoria del Instituto del Uranio se señaló que las fluctuaciones del mercado pueden originar graves problemas en el suministro de uranio, que nunca dejará de ser vulnerable a las intervenciones repentinas e imprevisibles de los Gobiernos en el mercado. El mencionado Instituto ha elaborado una serie de recomendaciones para que sirvan de ayuda a los Gobiernos, a los con-

sumidores y a los productores de uranio con el fin de mantener un mercado sin fluctuaciones y asegurar los suministros.

En una de las sesiones técnicas se señaló la anómala situación actual del mercado del uranio. La intensificación de las actividades de exploración que se produjo en la década de los 70 como reacción al aumento del precio del uranio trajo consigo un exceso de producción y, por lo tanto, un descenso del precio. El precio actual es tan bajo, que ni siquiera permite mantenerse a muchos productores. Por ellos se cierran y plantas de tratamiento y se retrasan los planes de producción, especialmente en los Estados Unidos. Se espera que esta disminución de la producción traiga consigo, dentro del presente decenio, un aumento del precio que se acerque a los niveles de 1970 —unos 160 dólares por kg de uranio (60 dólares por libra de óxido de uranio,  $U_3O_8$ ), en dólares de 1982 —, para tener la seguridad de que se dispondrá de la capacidad de producción necesaria para cubrir la demanda.

En otra sesión técnica quedó bien demostrada la notable diversidad de procedimientos viables para el enriquecimiento comercial del uranio. Se sabe que la planta de difusión gaseosa de Eurodif, de Tricastin, en el valle de Ródano, ha alcanzado su capacidad proyectada de 10 800 000 unidades de trabajo de separación (UTS) anuales, lo cual significa para la Eurodif el puesto del proveedor más importante de servicios de enriquecimiento y hace que Europa sea notablemente independiente en esta esfera. También se informó que el proyecto tripartito Urenco ha logrado buen progreso, con dos plantas centrifugadoras en funcionamiento (en Capenhurst, Reino Unido, y en Almelo, Países Bajos), y una tercera en proyecto, en la República Federal de Alemania. Urenco tiene en su haber contratos de ventas sobre la base de los cuales ampliará su capacidad de producción a 2 millones de UTS anuales a fines de la década de los 80. En los Estados Unidos de América las plantas de difusión gaseosa —a pesar de que actualmente funcionan a alrededor del 35% de su capacidad— siguen siendo las plantas fundamentales para casi todo el mundo. Se espera que en 1983 se darán por terminados los trabajos destinados a mejorar las plantas y aumentar la envergadura de los proyectos, lo cual permitirá incrementar la capacidad hasta alcanzar 27 300 000 UTS anuales, en tanto que el consumo de energía por UTS habrá disminuido en un 23%. Francia informó haber logrado considerable adelanto en el desarrollo del proceso *Chemex*\*, presentado por primera vez en la Conferencia de Salzburgo\*: la República Federal de Alemania informó también sobre el considerable adelanto logrado en el desarrollo del proceso Becker de separación por tobera. En Brasil se está construyendo una planta piloto que utiliza este proceso.

### Gestión de desechos

En una serie de memorias se subrayó la necesidad de intensificar los trabajos relativos a las opciones de gestión de desechos de alta actividad durante períodos prolon-

\* Conferencia internacional sobre la energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible, que se celebró del 2 al 13 de mayo de 1977 en Salzburgo (Austria). En 1977 el OIEA publicó las Actas de la Conferencia en 8 volúmenes.

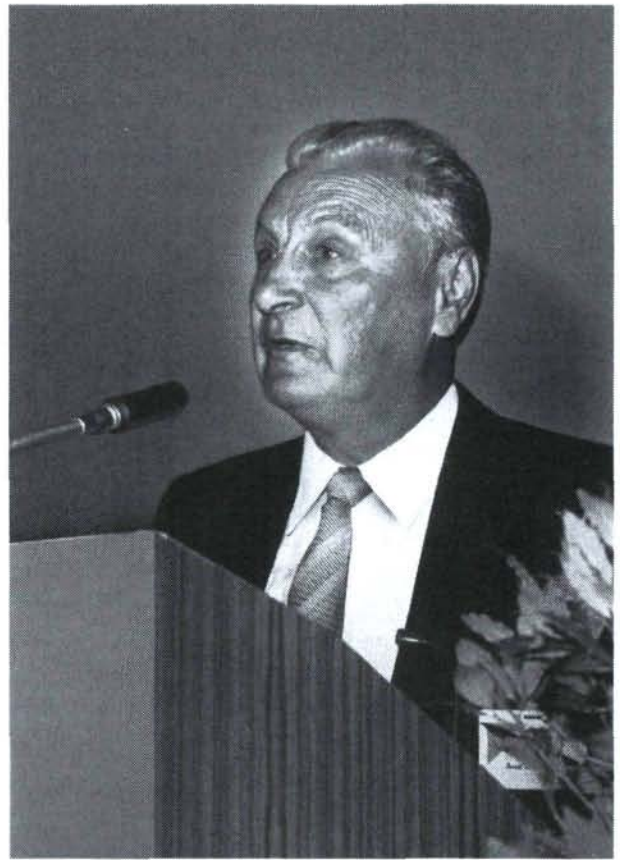
gados. Los datos sobre la experiencia francesa apoyan la conclusión de que se dispone de procesos no solamente para el acondicionamiento y evacuación de los desechos de actividad baja y media, sino para el acondicionamiento primario y almacenamiento intermedio de los residuos emisores alfa y de alta actividad, si bien los autores reconocen que siempre son posibles ulteriores perfeccionamientos. A largo plazo, se espera que sea posible ubicar los desechos de alta actividad solidificados en formaciones geológicas profundas; en la actualidad están realizándose investigaciones en numerosos países en relación con este método. Los autores franceses señalaron que el reducido volumen de los desechos en cuestión y la “seguridad más que satisfactoria que ofrece su almacenamiento intermedio podrían inducir a restar urgencia a su evacuación durante períodos prolongados”. Ahora bien, señalaron que tal conclusión es falsa”. Solo será posible alcanzar el máximo de seguridad con un mínimo costo —es decir, optimizar esta actividad— si se prosigue hasta el final la actual labor, que es la instalación y utilización de un emplazamiento de evacuación”.

Una memoria sueca instó a que se estableciesen criterios generales aplicables a la gestión de las fases finales del ciclo del combustible, así como un sistema de análisis cuantitativo de los resultados que sea aceptable para todos los países. Ciertas organizaciones intergubernamentales, como el OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE\* deberían abordar la tarea de conseguir un consenso a este respecto. En segundo lugar, “necesitamos demostraciones apropiadas del sistema de evacuación definitiva de productos activos de alta actividad y larga vida...”. La consecución de estas dos finalidades mutuamente relacionadas reviste gran importancia de cara a las futuras perspectivas nucleares mundiales.

### Seguridad y salvaguardias

Un tema fundamental de la Conferencia al que se dedicó una sesión plenaria era la seguridad en las operaciones del ciclo del combustible nuclear. Sir Walter Marshall, Presidente de la UK Central Electricity Generating Board, presentó una memoria muy razonada relativa al modo en que *hablamos* sobre las consecuencias de grandes accidentes. Sir Walter observó que gran parte del debate sobre la seguridad de la energía nucleoelectrónica se concentra en el gran número de muertes que podrían resultar, teóricamente, de accidentes extremadamente improbables, aunque posibles, en reactores. Este enfoque, además del inapropiado vocabulario utilizado por la industria nuclear en esta controversia, ha originado en la opinión pública una impresión deformada de la seguridad de la energía nucleoelectrónica.

Sir Walter indicó que las consecuencias de accidentes nucleares de gran envergadura deberían presentarse en términos de reducción de la esperanza de vida, el aumento de la probabilidad de casos fatales de cáncer en comparación con el efecto del consumo *obligatorio* del tabaco. Citó, como ejemplo, un accidente “gigantesco” como resultado del cual 10 millones de habitantes londinenses recibiesen una dosis de 1 rem (0,01 sievert). El número potencial de muertes a largo plazo, caculado utilizando las recomen-



El Profesor I.G. Morozov, Vicepresidente de la Comisión Estatal de la URSS para la Utilización de la Energía Atómica, describió entre otras cosas el desarrollo de reactores nucleares en la Unión Soviética en los que la producción de calor se combina con la de electricidad, y de centrales nucleares para calefacción a distancia que producen solamente calor para usos domésticos.

daciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR), sería de 1250 personas. El poderoso argumento de Sir Walter fue que se produciría el mismo detrimento a largo plazo si todos los habitantes de Londres fumaran obligatoriamente tan solo una vigésima parte de un cigarrillo cada domingo, y en el caso del accidente nuclear las muertes solo se producirían si dicho accidente tuviera lugar.

En otra memoria, autores de la CIPR eximieron las repercusiones de su publicación Núm. 26 sobre la administración de la protección radiológica. La publicación Núm. 26 de la CIPR apareció hace cinco años. Los autores señalaron que conceptos y términos que al principio se habían acogido con vacilaciones y escepticismo, tales como “dosis equivalente efectiva”, “dosis colectiva”, “dosis comprometida” y “optimización de la protección” han sido gradualmente admitidos y aceptados. Quedó perfectamente claro, según otras memorias relacionadas con el tema, que es actualmente imposible concebir criterios de diseño que no estén firmemente fundados en la experiencia, pues la finalidad consiste en aumentar la fiabilidad de las medidas encaminadas a prevenir los accidentes (incluidas las características específicas del diseño de la central y también las medidas tomadas por los operadores ante situaciones de emergencia).

Las salvaguardias, cuya finalidad es evitar la desviación de materiales nucleares hacia fines militares, fueron el

\* Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

tema central de una sesión plenaria y de una sesión técnica. Myron Kratzer, poseedor de abundante experiencia en esta materia y actualmente perteneciente a International Energy Associated Ltd. de Washington, señaló en una memoria muy importante que “las salvaguardias, aunque sean imperfectas y a condición de que se apliquen eficazmente, pueden someter a posibles violadores de compromisos de no proliferación a un elevado riesgo de detección, proporcionando así un disuasivo importante de la proliferación y verificando, además, con alto grado de probabilidad, si las actividades nucleares que declaran ser pacíficas, lo son efectivamente. En los casos en que no se puede llegar a tal conclusión, las salvaguardias pueden hacer sonar la alarma, iniciando respuestas adecuadas. Hay pruebas convincentes de que las salvaguardias cumplen actualmente dichas funciones de manera encomiable... Las salvaguardias siguen mereciendo el apoyo y la confianza que han disfrutado hasta ahora como elemento importante que son del régimen de no proliferación”.

Un estudio del OIEA presentado en la sesión técnica acentuó el hecho de que se precisa todavía mucha labor de investigación y desarrollo: crece constantemente la cantidad total de material nuclear utilizado en programas nucleares pacíficos en procesos cada día más sofisticados, suerte que las técnicas de medición y verificación continuarán también exigiendo mejoras y perfeccionamientos. La memoria concluía que la tarea que espera al Organismo es “difícil pero no imposible”.

### La energía nucleoelectrica en los países en desarrollo

El presente resumen de una conferencia que examinó virtualmente todos los rincones y resquicios de la experiencia mundial acumulada quedaría incompleto si no se hiciera referencia a los importantes trabajos procedentes de los países en desarrollo. El punto fundamental de casi todas las memorias fue el gran desequilibrio que existe entre las naciones industrializadas y los países en desarrollo: el 20% de la población mundial consume el 90% de la energía. Esto no solamente no es equitativo sino que las naciones en desarrollo, con el fin de conservar sus limitados recursos, se verán obligadas en un futuro no muy lejano a introducir la energía nuclear.

Ahora bien, para ello tendrán que recurrir cada vez más a la tecnología que les transfieran naciones más adelantadas. El valor de la cooperación internacional en esta esfera se manifestó con toda evidencia en diez memorias presentadas en una de las últimas sesiones plenarias. En una de ellas se expusieron los amplios logros del OIEA en campos tan diversos como la seguridad de las instalaciones nucleares, la protección radiológica y ambiental, el transporte y la protección física de materiales nucleares, el tratamiento de datos nucleares y el intercambio de información, la formación de personal, la planificación y ejecución de programas nucleares, la responsabilidad jurídico-nuclear, los preparativos para casos de emergencia, los estudios del ciclo del combustible y las publicaciones especializadas.

Otra memoria subrayó el cometido del Consejo de Asistencia Económica Mutua para incrementar la

cooperación multilateral y la integración, facilitándose así el desarrollo de programas nucleoelectricos, incluido el desarrollo de reactores rápidos, los estudios sobre el ciclo del combustible, la seguridad y la garantía de calidad. Una memoria procedente de la AEN señaló que los Gobiernos y las organizaciones intergubernamentales constituyen la fuerza impulsora para la creación de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo, a menudo en asociación con la industria o con organizaciones privadas de investigación. Por muy valiosos que sean tales proyectos, tienden ahora a concentrarse en un limitado número de sectores.

La opinión común fue que el éxito de un programa de transferencia de tecnología vendrá determinado por la selección de una técnica de fiabilidad comprobada, apoyada por firmes decisiones y un programa a largo plazo respaldado por el Gobierno. Es necesario que todo Estado al que interese la producción de energía nucleoelectrica realice una evaluación realista de sus propias capacidades, que seleccione unos principios bien probados de transferencia de tecnología y elija otro Estado con el que colaborar, establezca con tiempo suficiente todas las categorías de personal que serán necesarias y sepa estimular tal personal.

### Resumen

La Conferencia finalizó con un resumen del Dr. Eklund, Exdirector General del OIEA. En su intervención señaló que el número de parados en Europa Occidental es o será pronto del orden de 30 millones. Dijo que “La ciencia y la tecnología no han sido capaces de modificar esta situación pues sus logros con respecto a las actividades industriales conducen en general a una reducción del número de puestos de trabajo”. Sin embargo, la mayoría de los autores de las memorias presentadas en la conferencia comparten la opinión de que la energía nucleoelectrica debe desempeñar un cometido principal para satisfacer las futuras necesidades de energía: sin ella, hacia los años 2000 a 2020 el mundo no podrá establecer el equilibrio entre la oferta y la demanda.

El Dr. Eklund señaló irónicamente que “en mi opinión, se observa una cierta saturación en el flujo de información nuclear realmente nueva”, pero “la búsqueda de ideas y el aporte de trabajos en curso de preparación en tantas instituciones para esta Conferencia han dado como resultado la presentación de gran cantidad de información útil..., que, en el futuro, contribuirá a la viabilidad económica de la energía nucleoelectrica y a la seguridad de los diferentes tipos de instalaciones en todo el mundo”.

El Dr. Eklund concluyó: “En los últimos años me he planteado a menudo la cuestión de los métodos y medios para asegurar que la energía nuclear y la industria nuclear sobrevivan al período actual. La respuesta puede darse muy sencillamente: la energía nucleoelectrica sobrevivirá si resulta económicamente viable, cuestión que creo engloba la seguridad y los problemas de la gestión de desechos y del cierre definitivo. Recordemos las palabras del Dr. Homi Bhabha: “no hay energía más costosa que la carencia de energía”. Estoy convencido de que esta Conferencia, a pesar de su desarrollo más bien austero y práctico ha contribuido a hacer más viable la energía nucleoelectrica”.