

Desarrollo de la energía nucleoelectrónica: el desafío de los años 1980

por Sigvard Eklund*

En el estudio que aquí dedico al desarrollo de la *energía nucleoelectrónica: el desafío para los años 1980*: analizaré los datos hoy existentes — principalmente los recogidos en la memoria de la computadora del Organismo Internacional de Energía Atómica — con el propósito de vislumbrar los acontecimientos que se producirán en el campo de la energía nucleoelectrónica durante el decenio que acaba de comenzar. Con la palabra “desafío” deseo subrayar las posibilidades que entraña la energía nuclear para contribuir a la solución de los problemas energéticos del mundo.

Los sistemas energéticos existentes poseen una notable inercia, y el hecho de que la energía nucleoelectrónica proporcione actualmente el 8% de la electricidad generada en el mundo es, en sí mismo, prueba de las realizaciones ya conseguidas por la energía nuclear y de la penetración que ha efectuado en campos que anteriormente estaban reservados a las fuentes tradicionales de energía. Significa también que la propia energía nuclear posee un considerable grado de inercia y que continuaría utilizándose durante un período considerable de tiempo, aunque de los altos círculos a la que corresponde la toma de decisiones se fomenta activamente un mayor desarrollo de la misma.

Si bien nos gusta pensar que el futuro es nuestro y que puede moldearse de acuerdo con nuestros deseos e intenciones, es un hecho que los acontecimientos de los próximos cinco años, digamos, han quedado ya determinados mediante decisiones tomadas por personas que ejercían cargos de autoridad antes del momento actual. En consecuencia, las realizaciones en el campo de la energía nucleoelectrónica dentro de nuestras sociedades en los próximos cinco años pueden preverse con un grado bastante elevado de precisión, en la hipótesis, por supuesto, de que prevalezca la paz y aumente el consumo de energía en la misma proporción que en el pasado. Lamentablemente, es mucho más difícil interpretar lo que la bola mágica de cristal nos dice que podrá suceder en la esfera energética dentro de cinco a diez años.

Conservación de energía

Evidentemente debe evitarse el derroche de energía siempre que sea posible; ya se han conseguido en este terreno apreciables resultados en diversos países mediante diferentes medidas de conservación. Deseo mencionar en este punto especialmente el prometedor desarrollo de las bombas caloríficas accionadas por electricidad pro-

cedente, por ejemplo, de una central nuclear. Parecen brindar considerables posibilidades para la conservación de la energía utilizada para la calefacción de edificios o de enteros distritos. Las bombas caloríficas de 10 MW serán pronto de uso corriente en varios países industrializados. En la República Federal de Alemania las ventas de bombas caloríficas aumentaron de 36 000 unidades en 1979 a unas 100 000 en 1980. En mi propio país, Suecia, estas ventas han venido duplicándose anualmente durante los últimos años. Cuando la ingeniosidad del hombre le ha permitido producir cantidades casi ilimitadas de energía barata, es lástima que no aproveche plenamente este logro a fin de mejorar sus condiciones de existencia.

Por consiguiente, no estoy de acuerdo con los que, en Suecia, afirman que, aunque se dispone de excedentes de electricidad y que la electricidad es una forma muy cómoda de energía para la calefacción de apartamentos y casas, no debe utilizarse con tal objeto, porque requiere grandes centrales eléctricas que no están en consonancia con la filosofía de la “ola verde”. En otras palabras, creo que se impondrá de nuevo la razón cuando la gente aprecie que existe energía que puede utilizarse y, al mismo tiempo, comprendan y aprueben, por medios democráticos, su producción.

Situación actual y perspectivas futuras de los reactores de potencia

La forma mejor de expresar la verdadera situación de la energía nucleoelectrónica y la previsión más probable de su desarrollo hasta el año 1990 es la forma gráfica.

La Figura 1 presenta el número y potencia de los reactores actualmente en explotación o en construcción, así como su distribución en las diferentes regiones geográficas*. A pesar de la situación actual en los Estados Unidos de América, la capacidad instalada de las centrales nucleares en construcción en ese país se habrá casi triplicado en 1990. Lo mismo puede decirse del Canadá. Entre los demás países industrializados, solamente Francia, Japón y la URSS presentan grandes coeficientes de aumento. En la Conferencia General del OIEA celebrada en Viena el año pasado, el Ministro Nakagawa indicó que el Japón intentaría instalar 53 GW de energía nucleoelectrónica antes de 1990.

* El Dr. Eklund es Director General del OIEA. Este artículo es una adaptación de un discurso pronunciado este año por el Dr. Eklund ante la 14ª Conferencia Anual del Foro de la Industria Atómica del Japón.

* La expresión “países de la OCDE” se refiere a los 24 países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), incluido el Japón. La OCDE en la región del Pacífico comprende Australia, Japón y Nueva Zelandia. La expresión ECP se refiere a los países con una economía centralmente planificada y comprende los 13 países socialistas.

Cuadro 1. Estimaciones de la capacidad total y nuclear de generación eléctrica por grupos principales de países (GWe)

Grupo de países	1980			1985			1990		
	Total	Nuclear	%	Total (promedio)	Nuclear	%	Total (promedio)	Nuclear	%
OCDE (América del Norte)	710	57	8	890	130	15	1065	150	14
OCDE (Europa)	440	45	10	580	105	18	735	150	20
OCDE (Pacífico)	180	15	8	255	25	10	340	50	15
Economías centralmente planificadas (Europa)	370	16	4	545	35	6	745	75	10
Total correspondiente a los países industrializados	1700	133	8	2270	295	13	2885	425	15
Asia	130	3	2	235	10	4	400	20	5
América Latina	100	0,3	0,3	130	3	2	180	10	6
Africa y Oriente Medio	65	—	—	80	2	3	120	3	3
Total correspondiente a los países en desarrollo	295	3	1	445	15	3	700	33	5
Total mundial	1995	136	7	2715	310	11	3585	458	13

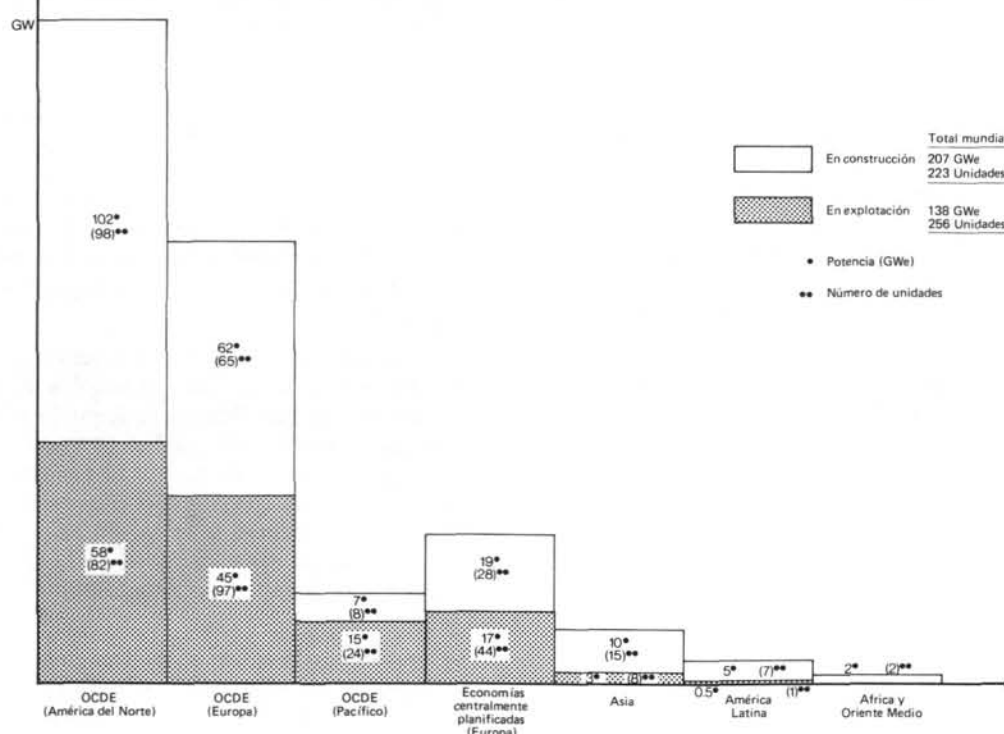
Por otra parte, los países en desarrollo** tienen planes limitados y no se prevé ningún aumento considerable en el número de estos países que iniciarán programas en la energía nucleoelectrica durante el presente decenio además de los ocho países que ya

poseen centrales nucleares en funcionamiento o en construcción. Actualmente, unos 4 o 5 países más están considerando, como Egipto, la implantación de la energía nucleoelectrica pero es probable que no todos ellos lleguen a realizar tal empeño.

** La definición exacta de país en desarrollo es cuestión que ofrece cierta dificultad. A los fines del presente artículo, el término se aplica solamente a los países que reúnen los requisitos necesarios para recibir asistencia técnica de las Naciones Unidas y que no pertenecen ni al grupo de países de la OCDE ni al grupo de países europeos de economía centralmente planificada.

El primer cuadro presenta las estimaciones de la capacidad de generación nucleoelectrica total mundial y su distribución entre países industrializados y países en desarrollo, así como entre grupos de países. En 1980, la capacidad nucleoelectrica mundial ascendió a 136 GWe, o sea el 7% de los casi 2000 GWe de capacidad eléctrica

Figura 1. Reactores en construcción o en explotación en el mundo en 1° de febrero de 1981.



Cuadro 2. Estimaciones de la generación total y nuclear de electricidad por grupos principales de países (TWh)

Grupo de países	1980			1985			1990		
	Total	Nuclear	%	Total (promedio)	Nuclear	%	Total (promedio)	Nuclear	%
OCDE (América del Norte)	2760	290	11	3 455	800	23	4 230	885	21
OCDE (Europa)	1780	215	12	2 280	640	28	2 890	885	31
OCDE (Pacífico)	725	60	8	1 070	150	14	1 430	315	22
Economías centralmente planificadas (Europa)	1780	80	5	2 620	225	9	3 575	450	13
Total correspondiente a los países industrializados	7045	645	9	9 425	1815	19	12 125	2535	21
Asia	665	15	2	1 060	65	6	1 815	100	6
América Latina	375	2	0,5	485	15	3	695	50	7
Africa y Oriente Medio	225	—	—	320	10	3	480	15	3
Total correspondiente a los países en desarrollo	1295	17	1	1 865	90	5	2 990	165	6
Total mundial	8340	662	8	11 290	1905	17	15 115	2700	18

total instalada. Los países industrializados de la OCDE y los países europeos de economía centralmente planificada poseen casi el 98% de la capacidad nucleoelectrica del mundo, mientras que los países en desarrollo solo poseen el 2% aproximadamente. En 1990, la capacidad nucleoelectrica será de unos 458 GWe, o sea el 13% aproximadamente de la capacidad total estimada de generación eléctrica mundial.

El cuadro siguiente presenta las estimaciones de la generación total de electricidad y la proporción que corresponde a la energía nucleoelectrica en el plano mundial y por grupos principales de países hasta el año 1990 (Cuadro 2). El porcentaje de electricidad generada por las centrales nucleares es ligeramente superior al porcentaje de la capacidad nuclear indicado en el Cuadro 1, ya que las centrales nucleares se utilizan normalmente para generación de electricidad de carga fundamental. Muestra nuevamente que los países de la OCDE y los países europeos de economía centralmente planificada continuarán siendo los países con la mayor participación en la esfera de la generación nucleoelectrica durante los próximos 10 años. Muestra también que América Latina y Asia — sin contar el Japón — empezarán a conseguir una importante generación nucleoelectrica al final de este decenio.

La Figura 2 ilustra la distribución por edades de los reactores operacionales de más de 8 años. Según se indica, existe un total de 97 reactores que han estado en funcionamiento durante más de 8 años 32 reactores que han funcionado durante periodos comprendidos entre 8 y 10 años. De los 256 reactores que funcionan en el mundo, 159 tienen menos de 8 años. Seis reactores llevan ya en funcionamiento más de 20 años. En conjunto, se han acumulado ya unos 2200 reactor-años de experiencia y la tecnología de la energía nuclear ha alcanzado un estado de madurez, seguridad y fiabilidad.

¿Cuál ha sido el rendimiento de estos reactores? La Figura 3 resume los factores de carga y los factores

operacionales entre 1975 y 1979. El factor de carga es una medida de rendimiento en la que la energía realmente producida se divide por la energía que pudiera haber sido producida mediante el funcionamiento a la máxima potencia durante el periodo completo de tiempo. El factor operacional es una medida de disponibilidad, resultado de dividir el tiempo de funcionamiento por el tiempo total.

Es interesante observar que desde 1975 se ha producido un lento aumento de ambos factores hasta 1979 en que ambos disminuyeron apreciablemente. Tenemos todavía que confirmar esto mediante un análisis de los datos, pero parece que la disminución se debe a las medidas de reglamentación adoptadas tras el accidente de Three Mile Island. Puesto que los datos correspondientes a 1978 y 1979 se basan en 156 y 176 unidades de reactor respectivamente, no hay duda alguna acerca de la importancia de dicha disminución. A este respecto, cabe mencionar que los datos facilitados durante la última Conferencia Mundial de Energía indican que la no disponibilidad de reactores nucleares alcanza un valor generalmente similar al de las centrales alimentadas por combustibles fósiles de potencia comparable entre el 30 y el 35%.

Según el Cuadro 3, el año 1980 resultó otra vez poco prometedor en cuanto a nuevos pedidos de centrales nucleoelectricas. En Francia, la República Federal de Alemania, el Japón, la República de Corea, Rumania y el Reino Unido solo se encargaron 19 reactores con una capacidad total de 18 GWe. Por otra parte, en los Estados Unidos se cancelaron o se aplazaron 12 pedidos de reactores con una capacidad total de 13 GWe. Por ello, el aumento de la capacidad neta total fue solamente de 5 GWe.

Comparando la situación nuclear en general en 1980 con la del periodo hasta 1990 parece, a primera vista, que hemos alcanzado actualmente el punto más bajo de la curva. Sin embargo, las apariencias son engañosas. La

Figura 2. Distribución por edades de los reactores de más de ocho años.

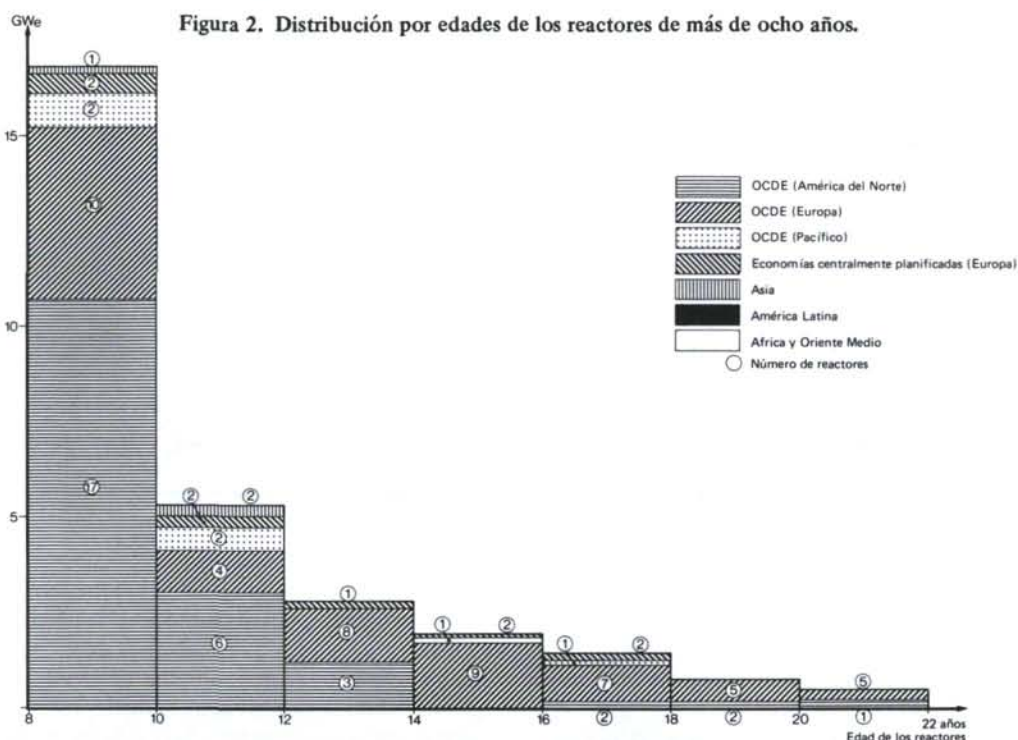
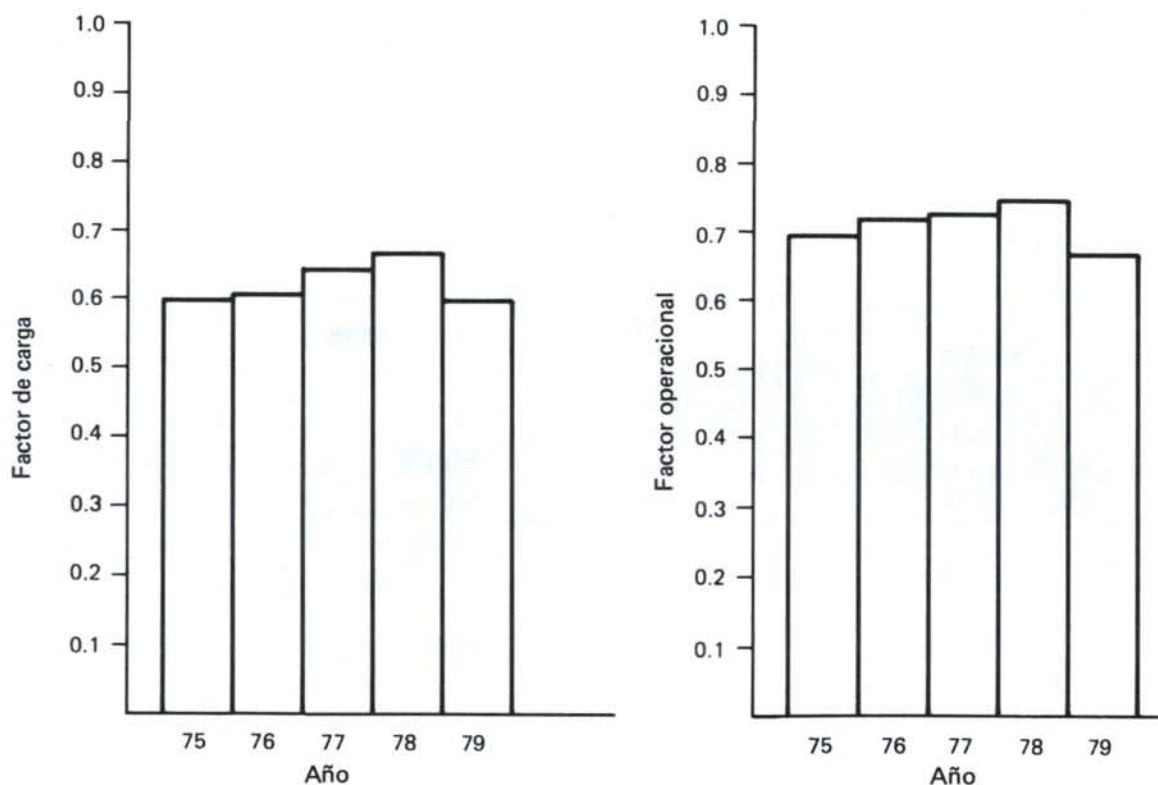


Figura 4 presenta el aumento anual de la capacidad nuclear durante el período 1980–1990, basándose en los reactores que están en construcción o cuya construcción ha sido encargada en firme. En 1981 se añadirán unos 43 GWe a la capacidad nuclear existente; para el período 1982–1985 se añadirán anualmente entre 30 y 35 GWe;

y a partir de 1987 la capacidad nuclear añadida será del orden de 15 a 25 GWe cada año. La escena se ensombrece, sin embargo, si se considera la fecha inicial de la construcción de reactores para el mismo período (Figura 5). En 1981 comenzará la construcción de reactores con una capacidad de algo más de 10 GWe, y

Figura 3. Factores medios de carga y explotación para los años 1975 a 1979 (para todas las centrales, excluyendo los prototipos y las que iniciaron sus operaciones en el segundo semestre del año).



Cuadro 3. Pedidos y aplazamientos de centrales nucleares durante 1980

	Pedidos y cartas de intención enviados en 1980		Anulaciones y aplazamientos en 1980	
	Número de reactores	Potencia (GWe)	Número de reactores	Potencia (GWe)
OCDE (América del Norte)	—	—	12	13
OCDE (Europa)	12	12	—	—
OCDE (Pacífico)	4	4	—	—
Economías centralmente planificadas (Europa)	1	0,6	—	—
Asia	2	2	—	—
América Latina	—	—	—	—
Total	19	18,6	12	13

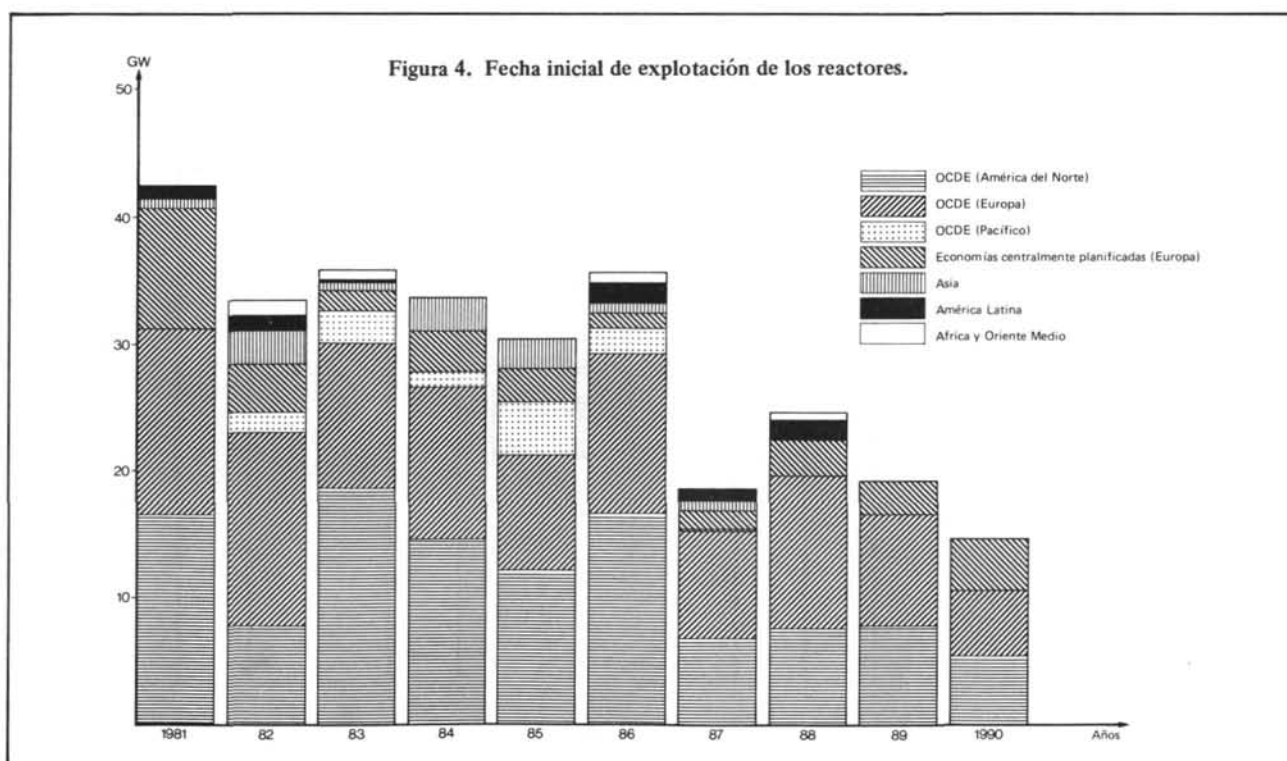
en 1982 la de unos 52 GWe. Después de 1982 la construcción de centrales nucleares ya encargadas en firme disminuye drásticamente: unos 12 GWe en 1983 y 1984, y a menos de 5 GWe durante los años posteriores a 1985. (Sin embargo, en estas cifras no se incluyen las economías centralmente planificadas.)

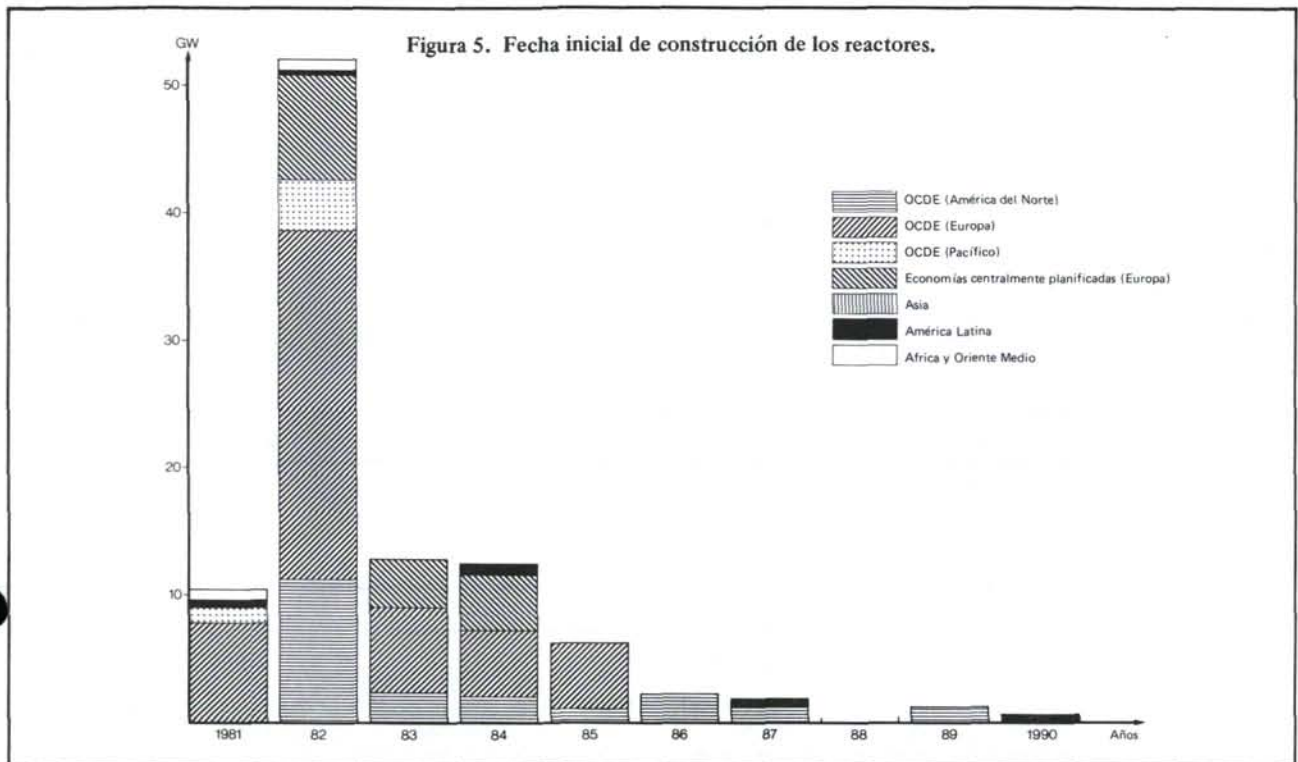
Las dos últimas figuras ilustran la gran diferencia que se observa entre los distintos países en lo que se refiere a los períodos de tiempo que han de transcurrir entre la fecha de encargo en firme de las centrales nucleares actualmente en construcción y el comienzo de su explotación. Los promedios de tales períodos de tiempo son: Japón (8 centrales en construcción), 61 meses; Francia (29 centrales), 63 meses; República Federal de Alemania (10 centrales), 82 meses; y Estados Unidos de América (85 centrales) 121 meses. La diferencia puede deberse casi exclusivamente a los procedimientos reglamentarios

más o menos complicados para la concesión de permisos de construcción, licencias de explotación, etc. Si ahora no se encargan nuevos reactores y si tenemos en cuenta los largos períodos que acabamos de mencionar, es probable que se produzca, después de 1990, una desaceleración general de los programas nucleoelectricos, con graves consecuencias para la industria nuclear de muchos países.

El desafío del ciclo del combustible

Tras esta descripción somera del desarrollo de los reactores de potencia en los años de 1980, es natural volver ahora nuestra atención al suministro de combustible durante dicha década así como a otros aspectos del ciclo del combustible. El desafío se plantea tanto en el punto de partida mismo como en la fase final del ciclo del combustible.



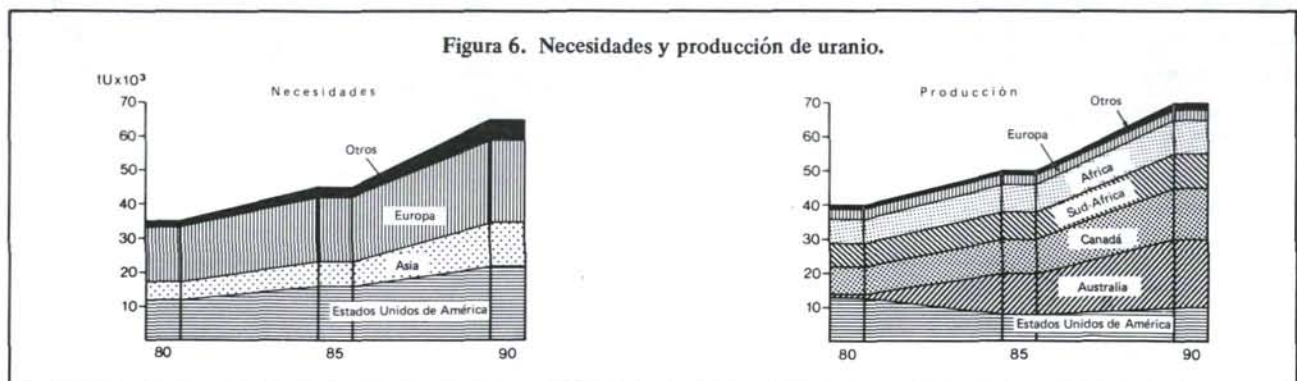


Con respecto al uranio natural, el desafío de los años exige armonizar una demanda muy reducida por parte de los reactores nucleares existentes y planeados con la sobrecapacidad actual y probablemente futura de la industria de la minería del uranio. Las previsiones actuales, según datos de esa industria, de las necesidades y de la producción de uranio que muestra la Figura 6 son por lo tanto bastante pesimistas y reflejan la preocupación de la industria acerca de las incertidumbres que pesan sobre la cuantía del futuro aumento de capacidad instalada de generación nucleoelectrica.

El mercado de uranio ha venido declinando más o menos continuamente desde que alcanzó su punto cumbre en 1978. En febrero de 1981 el precio del uranio descendió a 65 dólares de los Estados Unidos por kilogramo de uranio en el mercado de disponibles, lo que en términos reales representa menos de la mitad del valor de 1978 que era de 112 dólares. Debido a la noción general de que se dispondrá prontamente de uranio adicional gracias a la nueva producción y a las reservas almacenadas, pocas esperanzas hay de que se invierta la situación.

Resultado de esta tendencia serán los cambios drásticos en la distribución geográfica de la producción de uranio ilustrada en la Figura 7. Durante esta década la producción de uranio deberá crecer considerablemente en Australia y Canadá donde se están desarrollando nuevas grandes minas, mientras que la producción de los Estados Unidos de América y de África permanecerá estable y decrecer en importancia relativa. Esto implica también que los países en desarrollo tendrán pocas posibilidades de atraer capitales para sus nuevas empresas uraníferas y se verán particularmente afectados por el bajo precio del uranio.

Debe considerarse también la disponibilidad de abastecimientos seguros de uranio tanto actualmente como en el futuro. El Cuadro 4 muestra una estimación de la producción máxima técnicamente alcanzable, tomando como base los recursos conocidos, para los años 1980, 1985 y 1990. Estas cifras son considerablemente mayores que las de las necesidades y la producción de uranio estimadas e indican las grandes reservas con que cuenta la industria extractiva existente. Pero hasta que



Energía nucleoelectrica

Cuadro 4. Capacidad máxima estimada de producción de uranio

	1980		1985		1990	
	Número de países	Capacidad ktU/año	Número de países	Capacidad ktU/año	Número de países	Capacidad ktU/año
OCDE (América del Norte)	2	30	2	30	2	42
OCDE (Europa)	3	4	3	5	5	7
OCDE (Pacífico)	2	2	2	14	2	21
África	4	14	5	18	6	23
América Latina	1	<1	3	3	4	5
Asia	2	<1	2	<1	3	2
Total	14	50	17	70	22	100

Cuadro 5. Capacidades de las plantas de enriquecimiento isotópico

	1980			1985		
	Número de países	Número de plantas	10 ⁶ UTS	Número de países	Número de plantas	10 ⁶ UTS
OCDE (América del Norte)	1	3	21 000	2	4-6	35 300-44 300
OCDE (Europa)	4	7	3 880	4	9	12 880
OCDE (Pacífico)	2	1	30	2	3-4	300
Economías centralmente planificadas (Europa)	1	1	7 100	1	1	7 100
Asia	—	—	—	—	—	—
América Latina	—	—	—	1	1	180
África y Oriente Medio	1	1	6	1	1	200-300
Total mundial	9	13	32 016	11	19-22	55 960-65 060

Necesidades anuales para reactor de agua ligera de 1 GWe $\sim 110 \times 10^6$ UTS (Unidades de trabajo de separación).

Cuadro 6. Capacidades de plantas de fabricación de combustible (para reactores de agua ligera solamente)

	1980			1985		
	Número de países	Número de plantas	Toneladas de U/año	Número de países	Número de plantas	Toneladas de U/año
OCDE (América del Norte)	1	6	2900	1	7	3300-3700
OCDE (Europa)	6	13	3510	7	14	4860
OCDE (Pacífico)	1	4	990	1	4	1050
Economías centralmente planificadas (Europa)			No se dispone de cifras			
Asia	1	1	21	1	1	21
América Latina	—	—	—	—	—	—
África y Oriente Medio	—	—	—	—	—	—
Total mundial	9	24	7421	10	26	9231-9631

Cantidad anual de combustible cargado en un reactor de agua ligera de 1 GWe: ~ 30 toneladas.

se inviertan las deprimentes condiciones del mercado actual del uranio existirá forzosamente una gran preocupación acerca de la capacidad de la industria del uranio para establecer y desarrollar nuevos centros de producción para las décadas posteriores a 1990.

La mayor parte de los reactores en funcionamiento o proyectados para el presente decenio necesitan uranio enriquecido. El Cuadro 5 presenta la capacidad de las plantas de enriquecimiento isotópico en 1980 y 1985. Teniendo en cuenta que la capacidad total nuclear estimada de 458 GWe en 1990 requiere una capacidad de aproximadamente 50 000 toneladas anuales (unidades de trabajo de separación) y que esta cifra se alcanzará en 1985, puede preverse una superproducción en el futuro próximo si se construyen todas las instalaciones recientemente encargadas en firme.

No es de prever que se planteen problemas con respecto a la capacidad de las plantas de fabricación de combustible (Cuadro 6) ya que la capacidad disponible de unas 9500 toneladas anuales de uranio en 1985 está en consonancia con las necesidades de la capacidad estimada de generación de 310 GWe en el mismo año.

La proyección de la capacidad de almacenamiento de combustible irradiado indica que durante la década de los 80 no es de prever que se planteen problemas importantes en el plano mundial o regional. Sin embargo, debe subrayarse que una comparación general de los combustibles irradiados y de la capacidad de almacenamiento disponible no refleja la situación real, ya que el combustible irradiado no puede distribuirse libremente entre los lugares de almacenamiento disponible. Por lo tanto, algunos Estados y algunas compañías de electricidad no dispondrán de adecuada capacidad de almacenamiento y tendrán que utilizar otras técnicas de almacenamiento: envíos a otros estanques, almacenamiento en cofres doble apilamiento de combustibles irradiados, etc.

Sin embargo, es probable que los problemas más graves de almacenamiento se planteen en el próximo decenio: de 1990 a 2000. La Figura 8 resume los datos de que dispone el OIEA, basados en la Evaluación Internacional del Ciclo del Combustible y en los estudios de la gestión internacional del ciclo del combustible. Los datos correspondientes a 1990 sugieren que los problemas pudieran resolverse en el plano regional, mientras que los datos correspondientes al año 2000 indican que deben explorarse otras posibilidades de almacenamiento en gran escala. Debido a que no se construyen nuevos reactores no aumenta la capacidad de almacenamiento en reactor, en tanto que continúa en aumento la producción de combustibles irradiados. Esto implica que las necesidades adicionales de gestión de combustibles irradiados tendrán que satisfacerse mediante el almacenamiento exteriores al reactor, o mediante la reelaboración o evacuación definitiva del combustible irradiado. Además, los estudios realizados indican que, incluso si las proyecciones sobre las capacidades de reelaboración se cumplen en realidad en los intervalos previstos, permanecerá una cantidad apreciable de combustible que habrá que almacenar o evacuar.

Como indica el Cuadro 7, la capacidad de reelaboración de 1150 toneladas anuales de uranio de que se dispondrá en 1980 representa solamente el 20% aproximadamente de la capacidad necesaria para reelaborar

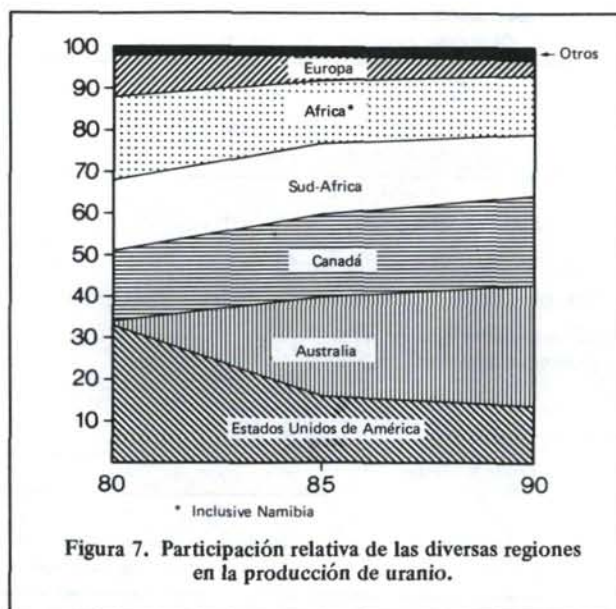


Figura 7. Participación relativa de las diversas regiones en la producción de uranio.

todo el combustible irradiado; en 1985, la capacidad anual teóricamente disponible de 5075 toneladas de uranio sería suficiente para reelaborar alrededor del 50% del combustible irradiado producido. Todo el mundo estará de acuerdo en que en algunos países es necesario tomar decisiones para crear plantas de reelaboración a gran escala industrial. Esto es esencial para hacer posibles los compromisos a largo plazo relativos a arreglos internacionales e institucionales y restaurar así la confianza en este sector del ciclo del combustible nuclear, que tan importante es para la introducción de los reactores reproductores rápidos.

Por último, durante los años 70 se hizo patente que la gestión y evacuación en condiciones de seguridad de los desechos radiactivos reviste importancia fundamental para un mayor desarrollo y mejor aceptación de la energía nucleoelectrica. Los responsables de la gestión de desechos nucleares están generalmente de acuerdo en que mediante la adecuada evacuación subterránea de los desechos radiactivos se puede conseguir el aislamiento necesario a largo plazo y con ello la protección del hombre y del medio ambiente.

Muchos países poseen amplios programas para explorar la idoneidad de emplazamientos para cementarios radiactivos en formaciones geológicas situadas en su territorio y para establecer sistemas nacionales de gestión a largo plazo de desechos radiactivos. Algunos países crean organizaciones nacionales especiales para ocuparse de estas cuestiones. Además, se han realizado grandes progresos sobre las diversas técnicas del acondicionamiento y empaquetado de cualquier tipo de desechos radiactivos, operaciones que son necesarias antes del almacenamiento y la evacuación.

En la próxima década se esperan progresos apreciables en muchos más países en cuanto a la definición y puesta en práctica de sistemas apropiados de gestión de desechos para sus programas nacionales de energía nucleoelectrica. Estos sistemas comprenderán la gestión de desechos de intensidad baja y media, el almacenamiento provisional de desechos de alta intensidad, así como la localización

Cuadro 7. Capacidades de las plantas de reelaboración (solamente para el combustible de reactores de agua ligera)

	1980			1985		
	Número de países	Número de plantas	Toneladas de U/año	Número de países	Número de plantas	Toneladas de U/año
OCDE (América del Norte)	—	—	—	1	3	2550
OCDE (Europa)	4	5	840	5	7	2115
OCDE (Pacífico)	1	1	210	1	1	210
Economías centralmente planificadas (Europa)			No se dispone de cifras			
Asia	1	1	100	1	2	200
América Latina	—	—	—	—	—	—
África y Oriente Medio	—	—	—	—	—	—
Total mundial	6	7	1150	8	13	5075

Cantidad anual de combustible descargado en un reactor de agua ligera de 1 GWe: ~ 30 toneladas.

de emplazamientos y posiblemente, en unos países, la construcción de depósitos para desechos de alta intensidad y emisores de radiaciones alfa. En varios países adelantados, los desechos de alta intensidad se solidificarán y prepararán para su almacenamiento y evaluación a escala industrial.

Como es actualmente el caso, el almacenamiento y evacuación de desechos radiactivos permanecerán sometidos a la competencia de las autoridades nacionales. Sin embargo, para el almacenamiento y evacuación de desechos de alta intensidad es posible que se haga necesario llegar a soluciones regionales e incluso internacionales, entre ellas la aceptación de desechos de otros países en depósitos nacionales. Esto beneficiaría a los países con reducidos programas nucleares que no proyecten reelaborar los combustibles agotados. Para satisfacer las necesidades de todos, tal vez sea preciso examinar esta cuestión en un foro internacional. Para ello podría ser necesario alcanzar previamente un consenso acerca

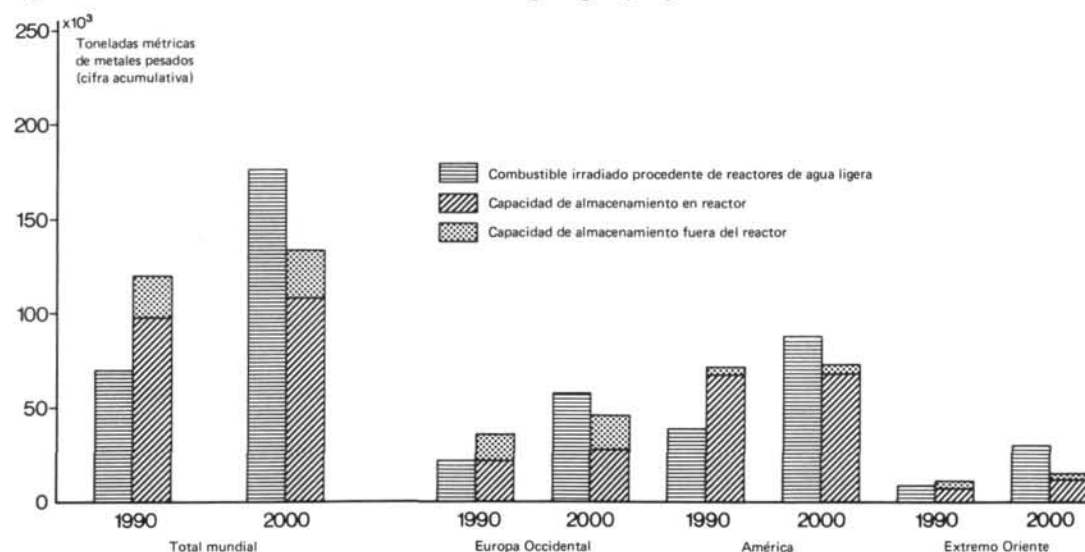
de los requisitos básicos de seguridad que hayan de exigirse.

En cooperación con otras organizaciones internacionales, el programa de gestión de desechos radiactivos del OIEA contribuirá a conseguir un consenso internacional sobre un sistema eficaz de evacuación en condiciones de seguridad de los desechos radiactivos, sistema que tanga como finalidad promordial el apoyo de las soluciones en el plano nacional. Para tratar estas de cuestiones y problemas, el OIEA proyecta celebrar en 1983 una conferencia internacional sobre gestión de desechos radiactivos en la que se estudiará tal gestión, en condiciones de seguridad, de las distintas clases de desechos radiactivos.

Aspectos económicos de la energía

Sin embargo, un examen de los problemas de los años 80 no quedaría completo si no se mencionan los aspectos económicos del abastecimiento energético. El fuerte

Figura 8. Combustibles irradiados de los reactores de agua ligera y capacidad de almacenamiento hasta el año 2000.



aumento del costo de la energía, provocado por los aumentos del precio del petróleo en 1973-1974, ha desempeñado un papel importante en la inflación mundial y, por consiguiente, en la recesión económica y el desempleo. Todos los países, tanto industrializados como en desarrollo, se enfrentan con el problema de hallar abastecimientos energéticos viables a un costo aceptable. La energía nucleoelectrica puede ofrecer inmediatamente otra solución posible.

La electricidad generada por la energía nuclear es hoy ya mucho más barata que la electricidad de las centrales alimentadas con petróleo. Al comparar los costos de la electricidad de las centrales nucleares y de las centrales alimentadas con carbón, el resultado depende de una serie de factores, por lo que no existe una respuesta global única. Sin embargo, el resultado es generalmente favorable a la energía nuclear.

El factor económico dominante en la generación de electricidad a base de carbón es el costo de este carbón. En cuanto a la energía nucleoelectrica, los factores dominantes son la inversión necesaria para la central y el rendimiento de la misma. Uno de los problemas a que tiene que hacer frente la energía nucleoelectrica en los años 80 será acelerar la concesión de licencias y la construcción a fin de reducir el costo de la inversión.

En las centrales nucleares los efectos de los costos del combustible son menores que en las centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles. Al duplicarse el precio del uranio aumentaría el costo de la electricidad generada por combustible nuclear en solamente el 10%, en tanto que la duplicación del precio de los combustibles fósiles produciría un aumento del 65% en el costo de la electricidad generada por las centrales alimentadas con dichos combustibles. Por ello, los países con extensos programas nucleoelectricos están menos afectados por las subidas del precio del petróleo.

Sin embargo, para plasmar las promesas económicas de la energía nucleoelectrica se requerirá una acción concertada dirigida a solucionar los problemas de la aceptación pública que tan gravemente han retrasado su crecimiento. Esto ha dado lugar a la continua utilización en gran escala del petróleo y del carbón para la generación de electricidad, aun a pesar de que las consideraciones económicas favorecen la energía nuclear. Por ejemplo, las grandes centrales nucleares pueden producir electricidad a un costo que es del 25 al 50% inferior al de la electricidad de las centrales alimentadas por carbón. A lo largo de 30 años de explotación, podrían economizarse sumas suficientes para construir una o dos nuevas centrales nucleares. Las economías realizadas son incluso más grandes en comparación con las centrales alimentadas con petróleo.

Madurez técnica y actitud ante los accidentes

Las mejoras técnicas en los tipos ya bien probados de reactores durante los años 80 no serán probablemente considerables y se basarán sobre todo en la experiencia adquirida durante las últimas tres décadas, período en que han estado en funcionamiento los reactores nucleares y en que, como ya se ha mencionado,

se ha acumulado un total de 2200 años de experiencia. Es indudable que esa experiencia aumentará rápidamente durante los años 80. Al principio del decenio se añadirán cada año 250 años de experiencia; a mediados, unos 450; y en 1990 unos 600; es decir, que la experiencia entonces acumulada será de unos 6000 años-reactor.

Eso debe facilitar la normalización creciente del diseño de las centrales mediante la cooperación entre fabricantes, empresas explotadoras y autoridades de reglamentación, lo que, aparte de su repercusión directa sobre los costos, disminuirá también el tiempo necesario para la concesión de licencias y el transcurso entre el encargo de la central y su explotación comercial, por no decir nada de los progresos que tal experiencia aportará a la seguridad de las centrales.

Los requisitos reglamentarios adicionales conducen a que las centrales sean más complejas; por ello, debe mantenerse un equilibrio entre las ventajas que suponen estos nuevos requisitos y las dificultades de aplicación que pueden crearse como consecuencia de su mayor complejidad. Es de esperar que puedan evitarse los graves problemas que puede ocasionar el ajuste retroactivo a esos requisitos una vez iniciada la construcción y explotación. El cumplimiento de tales requisitos, y no los pedidos de nuevos reactores, constituye en el momento presente la ocupación principal de la industria nuclear de algunos países destacados en este terreno.

Como en toda otra tecnología compleja se producirán inevitablemente fallos en los sistemas de los reactores de potencia. Pero debe también recordarse que hasta ahora no ha habido ni un solo accidente mortal ocasionado por las radiaciones en una central nuclear destinada a fines pacíficos. Hasta ahora, las numerosas barreras construidas para evitar la descarga de cantidades peligrosas de radiactividad en la biosfera han cumplido su función.

La utilización creciente de la energía nucleoelectrica debe también ir seguida de su aceptación por la opinión pública y los medios informativos como elemento natural de nuestro ambiente. Un escape de una válvula de vapor o un giro en falso de una turbina en una central nuclear no debieran considerarse más sensacionales que los fallos similares de una central eléctrica convencional. En estos días se abusa de las palabras. Si, por ejemplo, el incidente de Three Mile Island puede ser denominado "una catástrofe", ¡ojalá todos los accidentes del porvenir fueran tales "catástrofes"!

Con todo, el accidente de Three Mile Island fue catastrófico desde el punto de vista económico. Probablemente será esencial en lo futuro para las compañías de electricidad procurar, mediante acuerdos mutuos, compartir la carga económica que un accidente puede imponerles.

Pequeños reactores para los países en desarrollo

¿En qué medida utilizarán los países en desarrollo la energía nucleoelectrica durante este decenio? Se prevé un aumento de 11 veces, pero limitado a media docena de países. La razón es que los trabajos de promoción en el campo de la energía nucleoelectrica han de

considerar la firme tendencia de los diseñadores y fabricantes hacia unidades con capacidad generadora de 1000 a 1300 MW. Las unidades de esta potencia requieren la existencia de una infraestructura en el país en que se han de instalar. Me refiero aquí a una red eléctrica de suficiente capacidad, así como al personal y los servicios necesarios para hacerse cargo tanto del mantenimiento normal como de las situaciones de emergencia.

Una vieja regla empírica dice que ninguna central parte de una red eléctrica debe generar más del 10% de la capacidad total. La economía de escala ha conducido al desarrollo de centrales de gran magnitud, lo que significa que solo conviene incorporarlas a sistemas con capacidades de 5000 a 7000 MW por lo menos, lo que, a su vez, conduce a la conclusión de que estos grandes reactores solo pueden introducirse en muy pocos países en desarrollo. Recientemente hemos sabido que algunos fabricantes de reactores están estudiando la posibilidad de construir reactores nucleares mucho más pequeños, en los que lo que se pierda por tratarse de una escala más reducida que de compensado por la simplificación del diseño, aunque se mantenga el mismo grado de seguridad que en las centrales mayores.

Con todo, lo cierto es que se requerirá mucho tiempo para desarrollar estas centrales pequeñas, para comercializarlas y obtener las licencias correspondientes. Mientras tanto, solo cabe esperar que el uso de la energía nucleoelectrica en los países desarrollados disminuya su consumo de petróleo crudo y permita a los países en desarrollo ampliar sus redes eléctricas convencionales hasta alcanzar la potencia y características infraestructurales necesarias para la incorporación de reactores nucleares.

Seguridad nuclear

Puede decirse que las actividades en el campo de la seguridad nuclear se clasifican en tres categorías: reglamentación, seguridad operacional y sistemas de seguridad.

El problema principal en los años 80 consistirá en fijar prioridades en cuanto a la reglamentación de las cuestiones de seguridad pendientes, de forma que se reduzcan al mínimo los trastornos importantes que puedan afectar a las centrales nucleares tanto antiguas como nuevas. Procede recordar la importancia de la armonización internacional de las normas nucleares, en particular la que se refiere a los criterios y métodos básicos, así como también la contribución efectuada por el Programa NUSS (Normas de Seguridad Nuclear) del OIEA. Otro punto a considerar es la certidumbre de la seguridad, obtenible mediante una trilogía equilibrada de diseño-explotación, emplazamiento y planificación de medidas de emergencia.

La seguridad operacional ha resultado mejorada gracias a los destacados progresos conseguidos en dos campos importantes en los que, no obstante, habrá que continuar los esfuerzos: la evaluación de la experiencia de explotación y la toma en consideración del factor humano. Se está haciendo difícil determinar las escasas cuestiones importantes inmersas en una avalancha

creciente de noticias de sucesos, procedentes de fuentes nacionales e internacionales. Tras el accidente de Three Mile Island se ha reconocido que el elemento humano es factor que influye sobre la seguridad y que debe tomarse en cuenta en las distintas fases de diseño, explotación, mantenimiento y gestión de las centrales. El OIEA, en plena cooperación con los Estados Miembros y considerando plenamente las diferentes condiciones que prevalecen en los distintos países, debe intentar establecer criterios de competencia relativos al personal de explotación y mantenimiento. El empleo de simuladores para el análisis del comportamiento de los sistemas debe convertirse en norma.

Se ha trabajado intensamente a base de accidentes hipotéticos de fusión del núcleo. Los perfeccionamientos que se prevén en las esferas de la eliminación del calor, de su suministro eléctrico y de la refrigeración de emergencia harán probablemente menos urgentes los trabajos sobre accidentes teóricos de fusión del núcleo.

La Conferencia que organizará el OIEA en septiembre de 1982 sobre la experiencia adquirida en la explotación de la energía nucleoelectrica debe ofrecer a los Estados Miembros y a sus empresas de electricidad un examen sumamente valioso de la vasta cantidad de experiencia ya acumulada hoy en día durante más de 2200 años-reactor.

Posibilidades futuras

Existe hoy una minoría muy ruidosa pero de considerable influencia política que no quiere aceptar la energía nuclear. Esta minoría puede convertirse en partidaria de la energía nuclear si se ve enfrentada con una escasez de energía ocasionada por un embargo del petróleo, o si la carga financiera que impone la energía afectase drásticamente a toda la economía de un país, la vida social y el nivel de vida de su población; nadie desea que tal cosa suceda. Dicha minoría puede también sentirse aún más antinuclear si se produjeran accidentes en las centrales nucleares, con independencia de si estos accidentes afecten o no al sector nuclear de dichas centrales. Por lo tanto, deben realizarse todos los esfuerzos posibles para asegurar una información objetiva por parte de los medios de comunicación social de modo que no se hagan comparaciones injustas entre las averías de las centrales nucleares y las de otras instalaciones técnicas de similar complejidad.

Permítasenos recordar todavía que los sistemas de reactores térmicos solo representan una contribución provisional al abastecimiento energético del mundo en una escala de tiempo comparable a la del petróleo. Una contribución a largo plazo presupone el desarrollo de sistemas rápidos, reproductores, mediante los que la energía nuclear puede efectuar una contribución muy duradera a la solución de los problemas energéticos del mundo; en otras palabras, como el carbón, pero con una contaminación ambiental mucho menor, aunque la energía nuclear plantea también otros problemas. Desgraciadamente, la dinámica del desarrollo técnico no se tiene en cuenta cuando los gobernantes hacen planes para el futuro.