

# El difícil problema de la seguridad de las centrales nucleares en los países en desarrollo

por Morris Rosen\*

Dentro de poco más de un decenio habrá en explotación centrales nucleares en casi 40 países, de los cuales aproximadamente la mitad son considerados hoy día como países industrialmente menos desarrollados. El carácter ambicioso de los programas nucleoelectricos, combinado con la existencia de entidades reglamentadoras y compañías eléctricas que cuentan con un mínimo de personal, con frecuencia insuficiente, constituye un aspecto tan solo de las dificultades con que en relación con la seguridad de las centrales nucleares se enfrentan esos países en desarrollo. Los problemas referentes al cumplimiento de las normas y requisitos de seguridad usuales en el caso de exportaciones de centrales nucleares que en gran medida no cabe considerar como estándar pueden, en efecto, ver acentuada su complejidad debido a imperativos financieros que conduzcan a la adquisición de reactores de diversos tipos, procedentes de más de un país exportador y a los que se apliquen diferentes normas y requisitos de seguridad.

Un examen de estas cuestiones pone de relieve la necesidad y la conveniencia de adoptar medidas eficaces que podrán incluir la estipulación en el contrato de compra de que se haga la debida provisión de fondos para hacer frente a los gastos derivados de necesidades en materia de seguridad, y para que en los países desarrollados se proporcione ayuda y capacitación suficientes en materia de reglamentación. En el presente artículo se exponen estas cuestiones en líneas generales, se examinan diversos ejemplos concretos y se formulan algunas sugerencias.

## ANTECEDENTES

Conforme se indica en el Cuadro 1, existen centrales nucleares industriales en explotación en 19 países. De ellos, solamente cuatro se consideran industrialmente menos desarrollados. Según previsiones recientes, para el año 1990 habrá en explotación centrales nucleares en por lo menos 37 países, de los cuales 18 se consideran actualmente menos desarrollados. Para el año 2000, su número podría llegar a ser de 50, incluso sin tener en cuenta la probable ampliación del mercado de poder disponerse de reactores económicos de menos de 400 MW(e).

Aunque sujetas a ciertas incertidumbres las previsiones de la potencia nuclear instalada indican que para 1990, de 125 a 150 centrales nucleares generarán en total unos 100 000 MW(e) en los países industrialmente menos desarrollados (incluidos los pertenecientes al CAEM), de un total mundial de 800 000 MW(e) generado por 900 centrales. En el Cuadro 2 se indican las previsiones correspondientes a los ambiciosos programas nucleares de diversos países representativos.

## EXPORTACIONES DE CENTRALES NUCLEARES QUE DIFIEREN DE LA CENTRAL ESTANDAR

Los países que actualmente inician programas nucleoelectricos ven limitadas sus posibilidades de elección a lo que ofrecen seis naciones exportadoras, las cuales han lanzado

\* El Dr. Rosen es funcionario de la Sección de Seguridad Nuclear de la División de Seguridad Nuclear y Protección del Medio Ambiente.

**Cuadro 1: Países que disponen o que dispondrán de centrales nucleares industriales.**

1975	Alemania (República Democrática)	India
	Alemania (República Federal)	Italia
	Argentina	Japón
	Bélgica	Países Bajos
	Bulgaria	Pakistán
	Canadá	Reino Unido
	Checoslovaquia	Suecia
	España	Suiza
	Estados Unidos	Unión Soviética
	Francia	
1980	(Otros países además de los anteriormente enumerados)	
	Austria	República de Corea
	Brasil	Taiwán
	Finlandia	Yugoslavia
	México	
1985	(Otros países además de los anteriormente enumerados)	
	Filipinas	Polonia
	Hungría	Rumania
	Irán	Sudáfrica
	Luxemburgo	
1990	(Otros países además de los anteriormente enumerados)	
	Egipto	Tailandia
	Israel	Turquía

**Cuadro 2: Ejemplos representativos de la potencia nuclear instalada prevista para 1990.**

País	MW(e)	Número de Centrales
Brasil	11 000	15
España	27 000	35
Irán	16 000	15
República de Corea	7 000	10
Taiwán	9 000	10
Yugoslavia	4 000	5
Países menos desarrollados		
Total	100 000	125
Mundial		
Total	800 000	900

**Cuadro 3: Tipos de reactor de que se dispone actualmente para la exportación.**

Exportador	Tipo de reactor
República Federal de Alemania	De agua a presión
Francia	De agua a presión
Unión Soviética	De agua a presión
Estados Unidos	De agua a presión
Suecia	De agua en ebullición
Canadá	De agua pesada

**Cuadro 4: Ejemplos de las posibilidades de compra de reactores.**

Comprador	Suministrador	Tipo de reactor
Argentina	República Federal de Alemania y Canadá	De agua pesada
Brasil	Estados Unidos y República Federal de Alemania	De agua a presión
España	Estados Unidos, República Federal de Alemania y Francia	Refrigerado con gas de agua a presión y de agua en ebullición
Finlandia	Unión Soviética y Suecia	De agua a presión y de agua en ebullición
India	Estados Unidos, Canadá e India	De agua en ebullición y de agua pesada
Irán	República Federal de Alemania y Francia	De agua a presión
República de Corea	Estados Unidos y Canadá	De agua a presión y de agua pesada

al mercado reactores de tres tipos principales, conforme se indica en el Cuadro 3. El reactor refrigerado con gas y el reactor reproductor rápido, son otros tipos de reactor que posiblemente lleguen a exportarse en el futuro. Tres países — India, Japón y el Reino Unido — abastecen su propio mercado pero no exportan actualmente reactores.

Si bien las consideraciones relativas al suministro de uranio encierran considerable importancia cuando se pretende introducir la energía nucleoelectrónica, es la disponibilidad de medios de financiamiento de esos proyectos que exigen tan cuantiosas inversiones lo que puede muy bien constituir el factor determinante llegado el momento de elegir el país que vaya a suministrar una central. En el Cuadro 4 se indican, para diversos países compradores, las diversas combinaciones posibles de país suministrador y de tipo de reactor a que pueden recurrir para sus programas actuales y futuros de centrales nucleares. Las diferencias en el diseño de la central que evidentemente han de existir entre esas posibles combinaciones constituyen no obstante un aspecto solamente de la exportación de centrales nucleares que

no pueden considerarse estándar. Más sorprendentes y de mayor importancia aún, son las diferencias entre las centrales explotadas en los propios países exportadores y las centrales que se construyen en los países importadores y que en principio habrían de considerarse análogas a las primeras.

La comparación de las centrales nucleares exportadas y la central que debiera considerarse como estándar en el país exportador revela, como mínimo, cuatro causas principales de la existencia de diferencias entre las centrales totalmente terminadas de construir. Estas causas son: La potencia generalmente menor del reactor de exportación, las distintas características de su emplazamiento, las diversas combinaciones de instalaciones complementarias de la central, y la continua modificación de los requisitos de diseño y de seguridad dentro del Estado exportador.

**Potencia del reactor.** Las principales firmas exportadoras de reactores y de calderas nucleares pertenecen a países industrialmente desarrollados cuyas necesidades energéticas nacionales quedan cubiertas con mayor facilidad recurriendo a reactores de elevada potencia. Se tiene así que, en los últimos años, las compañías eléctricas de los Estados Unidos solo han encargado reactores de una potencia de 1000 MW(e) aproximadamente o superior y es poco probable que en lo futuro se hagan pedidos de reactores de potencia mucho menor. Por el contrario, las centrales nucleares exportadas por los Estados Unidos han correspondido al intervalo de los 600 a los 900 MW(e).

Es práctica común tomar como referencia para un reactor exportado una central de potencia análoga construida en el país exportador; por ejemplo, para un reactor de agua a presión que se exporte, de una potencia de 600 MW(e) y de ciclo doble se tomará como "central de referencia" una central del país exportador de ciclo doble que se considere similar. Este procedimiento se ha empleado y se sigue empleando partiendo del supuesto de que la central de referencia cumple los requisitos de seguridad del país exportador y, por lo tanto, puede concedérsele la licencia de explotación. Ahora bien, como consecuencia de la demanda de reactores de mayor potencia, en los Estados Unidos no se está construyendo actualmente ninguna central de ciclo doble del tipo de las que se están exportando y la construida más recientemente lleva ya en funcionamiento dos años. Por ello para las centrales con reactor de ciclo doble vendidas recientemente a Egipto, Filipinas y la República de Corea se ha tomado como central de referencia una central de dos circuitos que lleva en construcción en Yugoslavia desde 1974. Para esta central se ha tomado a su vez como referencia una central anterior de ciclo doble que se está construyendo en el Brasil, para la cual se ha tomado igualmente como referencia una central de los Estados Unidos con emplazamiento previsto en Puerto Rico para la que se presentó una solicitud de licencia de construcción a la correspondiente entidad reglamentadora estadounidense en 1970.

Ahora bien, el examen reglamentario de la central de Puerto Rico se dio por terminado a finales de 1972 debido a determinados problemas sismológicos que planteaba el emplazamiento, decidiéndose a abandonar el proyecto. Si la central de Puerto Rico se hubiese construido, habría quedado sometida a un examen sistemático y detallado por parte de la entidad reglamentadora de los Estados Unidos y, como resultado de este examen y de los requisitos adicionales que probablemente se hubiesen impuesto durante la etapa de diseño y construcción, la central habría sido indudablemente objeto de buen número de modificaciones. Por lo tanto, todas las centrales de ciclo doble exportadas mencionadas anteriormente no han sido sometidas a un examen reglamentario riguroso y no resulta posible examinar las modificaciones que podría haber sido necesario incorporar.

**Características del emplazamiento.** En contraste con el ejemplo anterior, en el caso de los dos grandes reactores de agua a presión de ciclo cuádruple vendidos al Irán por la República Federal de Alemania pudo tomarse como referencia una central alemana de potencia análoga actualmente en construcción y sometida al proceso de reglamentación establecido en la República Federal. No obstante, aunque en este caso existe una central de referencia de

análoga potencia que es objeto del examen reglamentario, lo ocurrido es precisamente un ejemplo que demuestra la importancia que encierran las características del emplazamiento en el diseño de la instalación. La central del Irán está situada en una zona de sismicidad relativamente alta que exige el empleo de un valor de diseño del 0,5 g para la aceleración horizontal del suelo en contraste con el valor relativamente bajo de 0,2 g o inferior exigido en las zonas de baja sismicidad de la República Federal. El hecho de que las condiciones sísmológicas exijan fijar requisitos distintos puede tener como resultado importantes cambios en el diseño de la central nuclear; estos cambios pueden referirse a los cimientos, a la interfaz de estructuras, a la forma de disponer las tuberías, a los apoyos y a los componentes de sistemas (incluidas las partes internas del reactor). Por ello, el diseño de la instalación del Irán, una vez construida, es posible que difiera notablemente del de la central de referencia del país exportador, sin que las modificaciones hayan sido sometidas a examen detallado por las entidades reglamentadoras de la República Federal de Alemania. Las diferencias en los requisitos y el diseño exigidas por consideraciones sísmicas son de creciente importancia a medida que aumentan los casos de emplazamiento de reactores en zonas de elevada sismicidad.

**Instalaciones complementarias de la central.** Un tercer aspecto de las exportaciones nucleares a que se refiere el presente artículo está relacionado con el conjunto de las instalaciones complementarias de la central, el cual abarca a todas las instalaciones exteriores a la caldera nuclear tales como la estructura de contención, los edificios auxiliares (incluidos en algunos casos los sistemas de manipulación del combustible y de los desechos radiactivos) y el sistema del turbogenerador. Incluso mediando un contrato del tipo de "llave en mano" en el que el exportador del reactor es responsable del proyecto en su conjunto en cuanto al suministro y la construcción de la central completa, ocurre que del diseño y de la construcción de las instalaciones complementarias de la central, incluida la contención del reactor, se encargará en muchos casos una empresa de arquitectos e ingenieros que puede muy bien no ser la misma que trabajó en la construcción de la central de referencia en el país exportador. Diversas consideraciones de tipo financiero pueden también exigir que se compren partes importantes de las instalaciones complementarias en un país distinto del que suministre el reactor. Esta situación general en la que intervienen diferentes empresas de arquitectura e ingeniería y diferentes proveedores de instalaciones complementarias no solamente crea problemas de interfaz, entre los que se encuentra la aplicación de distintos criterios de diseño y la fijación de requisitos de seguridad no uniformes sino que también puede dar como resultado el empleo de componentes y sistemas que difieren materialmente de los de centrales ya en construcción o en explotación y que son objeto de examen reglamentario en el país de origen.

**Evolución.** El cuarto aspecto y posiblemente el más importante de la exportación de centrales nucleares no estándar y no sometidas a examen reglamentario es la constante modificación de los requisitos de diseño y seguridad resultante del perfeccionamiento de las técnicas y de la evolución del proceso de examen reglamentario en el país exportador.

La evolución de este proceso puede ocasionar una miríada de cambios, incluyendo modificaciones importantes de, por ejemplo, los apoyos estructurales, sistemas de accionamiento automático, características del sistema para los desechos radiactivos, etc. Dentro de los países proveedores todas sus centrales nucleares han sido sometidas a múltiples modificaciones y cambios necesarios como resultado del proceso de examen reglamentario. Ahora bien, tales cambios no se incorporan necesariamente a las centrales que se exportan.

Debido a ello, las observaciones precedentes acerca de las causas de que se exporten centrales nucleares que no se ajustan a un modelo estándar indican que los países en desarrollo compran instalaciones que, una vez construidas, ofrecen notables diferencias con las explotadas en territorio del país exportador y que, además, no han sido sometidas al proceso de examen reglamentario, detallado y necesario, que acompaña al proceso de concesión de licencias y de construcción de la central de referencia.

## NORMAS Y REQUISITOS DE SEGURIDAD NO UNIFORMES

Para el diseño, la construcción y la explotación de centrales nucleares son de importancia fundamental los requisitos y normas de seguridad que representan una especie de codificación de prácticas técnicas y de resultados de la experiencia adquirida. Cuando en un país importador han de establecerse normas y requisitos de seguridad nuclear, habrá que elegir, en esencia, entre utilizar las propias normas del país importador, recurrir a normas internacionales, o utilizar las del país exportador. Dado que esas normas están asociadas a actividades industriales, los países en desarrollo no cuentan, por lo general, con una base de normas técnicas afines y, desde luego, carecen en absoluto de normas nucleares específicas. Se están elaborando ya normas internacionales — a este tipo de actividad corresponde el amplio programa de normas de seguridad nuclear que desarrolla el OIEA — pero su aplicación general y su empleo en la esfera nuclear es muy posible que exijan aún buen número de años. Simplificando un tanto la cuestión, cabe afirmar que el país importador de la central, especialmente si se trata de un país en desarrollo, se ve prácticamente en la necesidad de adoptar la normas y requisitos de seguridad del país exportador. No obstante, esta situación se complica debido a la intervención de cuatro factores importantes. Estos factores son: la diversidad y distinto alcance de las normas escritas y recogidas en los códigos que los diferentes países exportadores promulgan, el continuo desarrollo y evolución de esas normas y requisitos, las diferencias en cuanto a su contenido y aplicación y la imposibilidad de aplicarlas en algunos casos.

**Número y alcance de las normas.** Los distintos países proveedores tienen establecidas normas escritas y codificadas cuyo número varía considerablemente de un país a otro. Esta diferencia está relacionada en cierto modo con la estructura de su industria eléctrica. Los países en los que existen múltiples compañías eléctricas, tales como los Estados Unidos de América y la República Federal de Alemania, promulgan un número de requisitos notablemente superior al de los establecidos por los países que cuentan esencialmente con una sola compañía eléctrica, aunque técnicamente fuerte, tales como el Reino Unido y Francia. Al adquirir reactores en países exportadores en los que esa codificación es menor, es evidente que los países en desarrollo se enfrentan con el problema de determinar cuáles con esos requisitos, si están siendo observados, y si gracias a ello la central importada es semejante, en su diseño y construcción, a la central de referencia del país de origen. El problema se complica más aún cuando una parte importante de las instalaciones complementarias de la central las suministran países diferentes que tienen establecidas y codificadas normas en distinto número.

**Desarrollo y evolución de las normas.** El desarrollo y la evolución de las normas y requisitos de seguridad codificados plantea un nuevo y más difícil problema a los países en desarrollo. La Nuclear Regulatory Commission (NRC) de los Estados Unidos ha publicado en los últimos cuatro años unas 300 guías de reglamentación que describen métodos que se consideran aceptables para cumplir lo dispuesto en los reglamentos de la propia NRC. La República Federal de Alemania cuenta con un amplio programa para aclarar los requisitos que exige, y se están elaborando gran número de normas. Como consecuencia de esta situación se plantean diversos problemas a los países en desarrollo, de los cuales el más importante es determinar si la central cumple las normas recientemente codificadas y si requiere una "actualización" para adaptarla a esas normas mediante nuevos reajustes para satisfacer requisitos especiales.

**Diferencias en contenido y aplicación.** También existen diferencias en la aplicación de normas concretas por los exportadores, así como diferencias en el contenido de esas normas. Las diferencias en su aplicación provienen de opiniones diversas en cuanto a cómo ajustarse a criterios determinados. Por ejemplo, para proteger un sistema de seguridad del posible impacto de un objeto que resulte proyectado violentamente de un elemento del equipo pueden seguirse varios criterios: evitar que pueda existir tal proyectil, diseñando y construyendo para ello el equipo conforme a normas muy rigurosas; evitar que el proyectil alcance al sistema de seguridad, bien protegiéndolo con un blindaje o bien instalándolo de

modo que no se encuentre en la trayectoria del proyectil; o evitar que el sistema de seguridad sufra daños construyéndolo de forma que puedan resistir el impacto, situándolo en lugar seguro, o disponiendo sistemas por duplicado a suficiente distancia uno de otro. Los distintos criterios adoptados han conducido a diferencias en los requisitos de seguridad tales como los relativos a la duplicación y a la separación de los sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo, al empleo de sistemas de aspersión de la contención y a los requisitos de blindaje contra objetos proyectados violentamente.

Las normas de cada país difieren también en su contenido, como lo demuestran las diferencias entre las normas de los Estados Unidos de América y las de la República Federal de Alemania en cuanto a combinaciones de cargas admisibles en previsión de accidentes en las estructuras, cantidades de productos de fisión liberados en caso de accidente, y valores de tensión admisibles a emplear en el diseño de la contención. Esto conduce a notables diferencias en el diseño (por ejemplo, el empleo de aditivos en la aspersión de la contención con el fin de separar el yodo) y más especialmente en el diseño de la contención, como puede verse en el sistema de contención doble empleado en la República Federal de Alemania, el cual no cumpliría los requisitos de los Estados Unidos tal y como se construye el sistema. Resultado de cuanto antecede es que los países en desarrollo no llegan a conocer debidamente muchas de las razones a que obedecen las decisiones en materia de seguridad, y encuentran dificultades para adoptar decisiones relativas a la actualización o retroadaptación de las centrales importadas. Estas dificultades se agudizan cuando se realizan las compras en más de un país suministrador.

**Imposibilidad de aplicación.** El último aspecto que ofrecen las normas y requisitos de seguridad respecto del problema que nos ocupa es la imposibilidad de aplicar algunas de esas normas, por ejemplo, cuando establecen como requisito la intervención de inspectores de obras y construcciones o de inspectores de servicios contra incendios que muy bien pueden no existir en un país en desarrollo, o cuando establecen el acopio de información consistente en datos históricos sobre seísmos o inundaciones, de la que no se disponga.

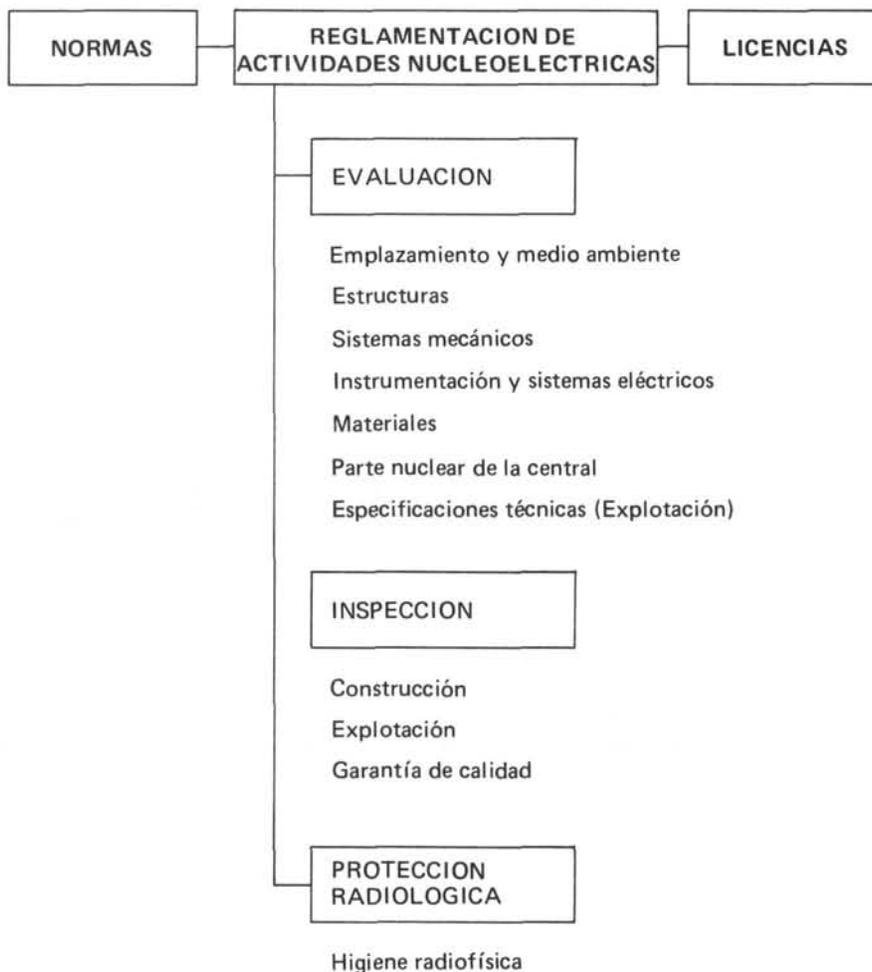
## INSUFICIENCIA DE LAS ENTIDADES REGLAMENTADORAS

En vista de que se exportan centrales nucleares que no se ajustan a un modelo estándar, y en vista también de la falta de uniformidad de las normas y requisitos de seguridad, merece prestarse la debida atención a la idoneidad de las entidades reglamentadoras de los países en desarrollo para desempeñar sus funciones. En efecto, en el ejercicio de sus funciones de examen e inspección, estas entidades tienen que adoptar decisiones sobre numerosas modificaciones y problemas de interfaz que no han sido examinados por la autoridad reglamentadora del país exportador. Además, deben preocuparse de problemas de seguridad que en cierto modo son peculiares de los países en desarrollo y de los que se tratará más adelante.

Las entidades reglamentadoras de los países exportadores disponen de personal muy capacitado y experimentado con especialización en las múltiples ramas de la tecnología de cuyo conocimiento se precisa para examinar e inspeccionar las centrales nucleares durante las etapas de su emplazamiento, diseño, construcción y explotación. A esos recursos de personal viene a sumarse la posibilidad de disponer de los servicios de consultores independientes y de otras entidades a los que se recurre siempre que resulta necesario. Por ejemplo, la *Nuclear Regulatory Commission* de los Estados Unidos, con un millar aproximadamente de funcionarios profesionales, casi todos ellos con título obtenido en escuelas superiores vinculadas a las universidades y más de la mitad con grado de licenciado o doctor, abarca una de las gamas más amplias de especializaciones científicas y técnicas que pueden encontrarse en las organizaciones oficiales del país.

Evidentemente un país en desarrollo no necesita disponer de tanto personal como el país exportador de la central, ni ese personal tiene por qué abarcar una gama de especialidades tan amplia. No obstante, la experiencia adquirida en países en desarrollo que tienen en ejecución

Cuadro 5: Funciones que, como mínimo, debe desempeñar una entidad reguladora.



programas nucleoelectricos indica que para un país que proyecte autorizar la construcción y explotación de entre cinco y siete centrales nucleares, el cuadro de personal de reglamentación que necesitará, será, como mínimo, de unos 50 profesionales trabajando a jornada completa. La condición indispensable es que el órgano reglamentador posea competencia suficiente para evaluar con independencia el trabajo realizado por los suministradores de la central así como por los propios consultores. El cuadro 6 indica la estructura que como mínimo ha de ofrecer una entidad reglamentadora con un número mínimo de expertos. De dicho cuadro se desprende que incluso asignando una sola persona para cada actividad funcional, se necesitará contar con unas 15 personas competentes. Actualmente cabe afirmar que las entidades reglamentadoras de países en desarrollo que están ejecutando programas nucleares no disponen del personal que como mínimo se precisa.

En muchos casos las integran menos de 15 funcionarios que trabajan a jornada completa en sectores relacionados con las actividades nucleoelectricas. Además, este personal mínimo puede muy bien no hallarse familiarizado con las cuestiones de seguridad nuclear y puede requerir por ello una amplia capacitación.

Las dificultades para dotar de personal a estas entidades reglamentadoras derivan en parte del hecho de que los funcionarios gubernamentales responsables a este respecto no se percatan de la importancia del papel que las entidades reglamentadoras desempeñan al enfrentarse con aquellas características de la central nuclear importada que no han sido objeto de un examen reglamentario en el país exportador. Esta situación se agrava con la escasez general de personal experimentado y con el régimen de sueldos bajos de los funcionarios del Estado, con lo que se atrae solo a personal joven e inexperto que, después de adquirir la debida capacitación, abandona su puesto para obtener sueldos más elevados en la industria.

## CUESTIONES DE SEGURIDAD PECULIARES DE LOS PAISES EN DESARROLLO

Al estudiar el problema de la exportación de centrales nucleares que no han sido esencialmente objeto de un examen reglamentario hay que tener en cuenta también aquellas cuestiones de seguridad que son en cierto modo peculiares de los países en desarrollo. El conocimiento de la existencia de estas condiciones peculiares en lo que respecta a la elección del emplazamiento, diseño, construcción y explotación de las centrales hace que se deje sentir todavía más la necesidad de un examen reglamentario adecuado.

En la evaluación inicial del emplazamiento, los países en desarrollo pueden tropezar con imperativos de carácter político y militar que limiten el número de posibles emplazamientos. Aunque esta circunstancia debiera hacer más patente la necesidad de realizar cuidadosos estudios de los emplazamientos, determinadas limitaciones de tiempo y de dinero pueden no dar margen a que se lleven a cabo. Al uso de los servicios de consultores nacionales, y en ocasiones extranjeros, que no poseen experiencia suficiente en cuestiones nucleares, puede sumarse, para complicar más aún el problema, la existencia de datos históricos muy limitados en el terreno sísmológico e hidrológico. Además, los modelos de cálculo elaborados para emplazamientos en climas templados (por ejemplo, modelos de dispersión atmosférica y de régimen pluvial) pueden no resultar de aplicación a determinados lugares de emplazamiento en países en desarrollo.

La consecución de un diseño seguro para una central nuclear importada por un país en desarrollo se ve frecuentemente entorpecida por un contrato que especifica que la central se construirá de conformidad con los requisitos para la concesión de licencias que se hallen en vigor en el país exportador en una determinada fecha. Por lo general, esa fecha antecede en varios años a la de comienzo de la construcción de la central y, como en el caso de algunas ventas recientes de reactores, el intervalo entre esa fecha y la del comienzo de la explotación industrial puede llegar a ser de diez años. En el país exportador, con su órgano reglamentador dotado de tan amplias facultades, el diseño de la central se modificará y actualizará, como suele ocurrir, a lo largo de su examen reglamentario. Por el contrario, en el país que importe la central tales modificaciones no serán generalmente exigidas por el personal del órgano reglamentador nacional, ya que, por lo general, no tendrá conocimiento de las modificaciones introducidas en las normas del país exportador ni tendrá tampoco la competencia técnica suficiente para tomar decisiones sobre los trabajos de actualización y retroadaptación correspondientes. Además es posible que parte de la central se diseñe después de haber comenzado la construcción y utilizando en su diseño nuevas normas de seguridad, por lo que éste se basará en una mezcla de normas difíciles de diferenciar claramente unas de otras.

La cuestión del diseño puede complicarse también por difíciles problemas de interfaz que plantean las instalaciones complementarias, agravándose incluso la situación si se recurre a varios países proveedores. Además, puede ser también necesario seguir distintos criterios de seguridad en el diseño si concurren condiciones especiales tanto sísmicas, como de temperatura de humedad y de inestabilidad de la carga eléctrica.

Aunque la construcción de una central en un país en desarrollo presenta las dificultades normales que se dan en la ejecución de grandes proyectos, tales como problemas de coordinación de la labor del contratista, puede verse también afectada por una actuación no muy acertada por parte de los subcontratistas en el país en que se construye, así como por la posibilidad de que el equipo sufra daños durante su transporte. Otros problemas imprevistos pueden requerir también decisiones rápidas, difíciles de adoptar cuando quienes han de hacerlo en el país exportador se encuentran a miles de kilómetros de distancia. Además el programa de garantía de calidad necesario para la ejecución de proyectos nucleares se ve entorpecido con la intervención simultánea de contratistas nacionales y extranjeros cuyos procedimientos de control y garantía de calidad son a veces muy distintos o incluso, en algunos casos, inexistentes.

La explotación de la central puede plantear problemas de seguridad debido a la mínima capacitación del personal en sectores tales como el de la conservación del equipo. Por ejemplo en algunos casos podrá necesitarse más personal y no ser posible disponer de él con facilidad en países que no tengan una amplia infraestructura de personal capacitado. Una circunstancia más importante aún es la imperiosa necesidad de electricidad en los países en desarrollo, la cual puede conducir a que se inicie la explotación de la central en condiciones en que tal explotación debiera no ser autorizada o serlo solo en medida limitada. La importancia de esta situación aumenta con la falta de expertos técnicos en el órgano reglamentador que sean competentes para adoptar decisiones con rapidez, especialmente las relacionadas con el retorno al nivel de potencia inicial o con la limitación de ésta cuando se rebasan los límites operacionales de seguridad.

## SUGERENCIAS

Los problemas expuestos en el presente artículo indican la necesidad de adoptar medidas eficaces. En primer lugar, es preciso y de la máxima importancia, conseguir que tanto el exportador como el importador se percaten de las exigencias especialísimas de las centrales nucleares y de los problemas también únicos en su clase que se plantean en los países en desarrollo, a fin de que la decisión de un país en desarrollo de iniciar un programa nucleoelectrico pueda evaluarse en términos de requisitos previos conocidos. En segundo lugar, durante la negociación del contrato ha de tenerse debidamente en cuenta la seguridad de la central, muy especialmente la elección de una fecha límite adecuada para la normas y requisitos de seguridad que han de observarse. Esta fecha deberá corresponder como mínimo a la fecha prevista de comienzo de la construcción. Deben preverse también en el contrato fondos para posibles actualizaciones y retroadaptaciones, así como para la capacitación de personal de reglamentación.

En tercer lugar, el exportador tiene que asesorar continuamente a la compañía eléctrica compradora y al órgano reglamentador sobre las modificaciones de los requisitos de diseño y de seguridad introducidas durante la construcción a fin de que dichos requisitos puedan ser debidamente observados. Al mismo tiempo, el Gobierno exportador, además de proporcionar oportunidades de capacitación en su propio órgano reglamentador y con los proveedores de reactores y las empresas técnicas de arquitectura e ingeniería debe prestar ayuda directa en materia de reglamentación incluyendo los servicios a jornada completa de expertos residentes, tal vez proporcionados a través del programa de asistencia técnica del OIEA.

Por último el OIEA debe continuar su programa de envío de misiones de seguridad constituidas por expertos competentes para examinar las condiciones de seguridad de las centrales nucleares de los países en desarrollo. Esto servirá de complemento al programa de asistencia técnica y de cursos de capacitación ya existente, y al desarrollo de las normas internacionales de seguridad nuclear del Organismo.