

VOL.42, Nr.3,2000
VIENA, AUSTRIA

OIEA

BOLETIN



REVISTA TRIMESTRAL DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LOS DESECHOS

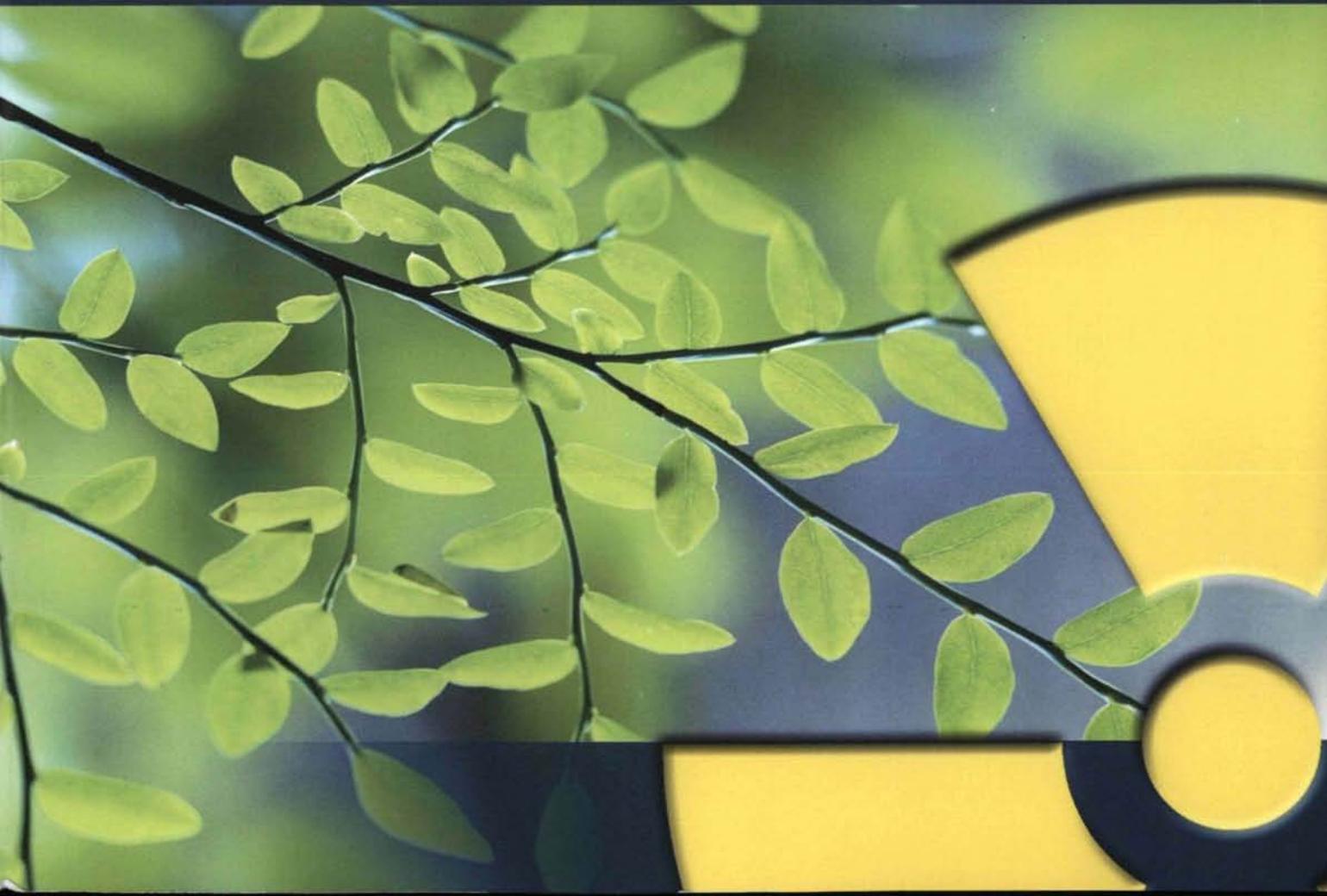
РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОТХОДОВ

SOLUTIONS POUR LES DECHETS

WASTE SOLUTIONS

حلول بشأن النفايات

废液



Search



Login



OTB

WORLD OF RESOURCES

WORLDATOM has become a timely and reliable resource about the IAEA and nuclear developments in Member States.

"...expansive UN Web resource, hosted by the International Atomic Energy Agency...This site is thorough in every respect."

British Broadcasting Corporation (BBC)
www.bbc.co.uk/webguide

"...the International Atomic Energy Agency, a powerful group."

Yahoo!, the Internet Directory & Web Guide
www.yahoo.com/new/981030.html

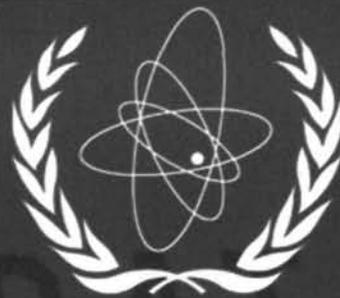
"WORLDATOM gathers a host of resources...into one easily navigated site."

The Scout Report, the Internet Guide to Resources
<http://scout7.cs.wisc.edu/00008606.html>

1997 Editor's Choice Award to www.iaea.org for high quality site

LookSmart, Web Directory subsidiary of Readers Digest
www.looksmart.com

International Atomic Energy Agency
Division of Public Information
P.O. Box 100
Wagramer Strasse 5
A-1400 Vienna, Austria
Telephone: (+43-1) 2600-0
Facsimile: (+43-1) 2600-29610
Email: worldatom@iaea.org



www.iaea.org



THE "NUCLEAR WORLD"

Global issues and de
"nuclear world" are re
perspectives in area
and verification in th
Annual Report. The
overviews and a de
figures () on Agency progra

**EN ESTA EDICION****SEÑALES DE PROGRESO**

Perspectivas del OIEA en la gestión de desechos radiactivos
por Mohamed ElBaradei

2**LA SEGURIDAD EN LA GESTION DE DESECHOS RADIATIVOS**

Logro de soluciones internacionalmente aceptables
por Abel J. González

5**PROBLEMAS Y SOLUCIONES**

Para una mejor gestión de desechos radiactivos
por Alec J. Baer

19**PROTECCION RADIOLOGICA**

Recomendaciones sobre la gestión de desechos radiactivos de la CIPR
por Roger H. Clarke

21**REGIMEN JURIDICO INTERNACIONAL EN EXPANSION**

Protección ambiental y gestión de desechos radiactivos
por Gordon Linsley y Wolfram Tonhauser

24**ACTUALIZACION DE LAS RADWASS**

Programa de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos
por Dominique Delattre

30**¿QUE DESECHO ES "RADIATIVO"?**

Definición del ámbito del sistema de regulación
por John Cooper, Gordon Linsley, Abel J. González, y Tony Wrixon

35**ESTABLECIENDO LOS LIMITES APROPIADOS**

Control de las descargas de radionucleidos en el medio ambiente
por Carol Robinson, Tiberio Cabianca, Carlos Torres, y Gordon Linsley

45**PREPARACION PARA LA ETAPA FINAL**

Residuos radiactivos procedentes de la clausura nuclear
por Dennis Reisenweaver y Michele Larata

51**EVALUACION DE ENFOQUES**

Cuestiones de seguridad en la disposición de desechos radiactivos sólidos
por Ken Bragg y Ferruccio Gera

55**REDUCCION DE LOS RIESGOS**

Gestión segura de fuentes radiactivas en desuso
por Vilmos Friedrich y Ferruccio Gera

60**APOYANDO LA INICIATIVA**

Cooperación con la Federación de Rusia en la gestión de desechos radiactivos
por Arnold Bonne y Boris Semenov

64**SECCIONES FIJAS DEL BOLETIN DEL OIEA**

Resumen internacional de noticias...Datos estadísticos...Puestos vacantes...
Libros...Reuniones

68

SEÑALES DE PROGRESO

PERSPECTIVAS DEL OIEA EN LA GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS

POR MOHAMED ELBARADEI

Desde diversos puntos de vista, el problema de la gestión de desechos radiactivos es urgente. Por ejemplo, existen diferentes niveles y categorías de desechos, diferentes métodos de almacenamiento y disposición final, así como diferentes requisitos ambientales y de selección de emplazamientos.

Esas diferencias reflejan la complejidad del problema. Lamentablemente, también pueden contribuir a confundir a la opinión pública acerca de esta cuestión en su conjunto. No debemos perder de vista la necesidad de difundir un "enfoque holístico" más amplio --todos los tipos de desechos radiactivos que se generen tienen que ser objeto de una gestión segura-- y debemos intensificar los esfuerzos para dilucidar este complejo panorama y aumentar aún más la comprensión del público.

El principal objetivo que perseguimos es la protección de la salud pública, la seguridad y el entorno en que vivimos. Afortunadamente, se hacen notables progresos gracias a la cooperación internacional en la gestión de desechos radiactivos, a fin de resolver problemas comunes y acercarnos más a la consecución de este objetivo para todos los tipos de desechos radiactivos.

IMPORTANTES SEÑALES DE PROGRESO

Los resultados de las principales conferencias internacionales celebradas el año pasado, ponen de relieve cuestiones esenciales

para la gestión segura de los desechos radiactivos y la demostración tecnológica de las soluciones.

■ *Existen tecnologías para la gestión de los desechos radiactivos que son seguras, económicas y ecológicamente racionales.* Esta cuestión esencial se documentó en el Simposio internacional del OIEA sobre tecnologías para la gestión de desechos radiactivos provenientes de centrales nucleares y las actividades de la parte final del ciclo del combustible nuclear, celebrado en septiembre de 1999 en la República de Corea.

■ *Los países se han comprometido a trabajar mancomunadamente para garantizar que la disposición final de los desechos radiactivos se realice de una manera segura que a la vez tenga en cuenta el medio ambiente.* Esta cuestión fundamental se planteó en la Declaración Conjunta, emitida al final de la Conferencia Internacional sobre Repositorios Geológicos, celebrada en noviembre de 1999, en los Estados Unidos.

■ *Aumenta el consenso en torno al fortalecimiento del régimen internacional de seguridad en la gestión de desechos radiactivos.* Esta cuestión clave, entre otras, se planteó en la Conferencia Internacional del OIEA sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, celebrada en marzo de 2000, en España. (Véanse los artículos conexos en la presente edición.)

Esas y otras señales de progreso comienzan a influir notablemente en el diálogo internacional. El

siguiente paso importante es un Foro Científico sobre gestión de los desechos radiactivos que tendrá lugar en el marco de la Conferencia General del OIEA, en septiembre del año en curso. Dicho Foro reunirá a expertos técnicos y a encargados de formular las políticas, y tratará de aprovechar la experiencia y de compartir los conocimientos adquiridos en muchos países. Se centrará en particular en el alcance internacional de los últimos avances registrados en esta esfera y en las formas de trabajar mancomunadamente para encarar los desafíos del futuro.

Debemos mantener una perspectiva amplia que abarque todo el espectro de los desechos, pero en la actual situación sobresale un hecho innegable: las cantidades de desechos de actividad alta aumentan constantemente y deben adoptarse medidas decisivas para la selección de emplazamientos, la construcción y la explotación de repositorios geológicos. Un desafío fundamental es acelerar y mantener los progresos alcanzados para demostrar las soluciones.

La solución que suele proponerse es el uso de repositorios geológicos profundos. Los desechos serían aislados en forma segura mediante barreras naturales y un sistema tecnológico concebido para garantizar la contención primaria física y química de los desechos. Tal como se reafirmó

El Dr. ElBaradei es Director General del OIEA.

en el simposio celebrado por el Organismo, en Corea, la opinión de la mayoría de los especialistas es que dicha disposición final geológica puede ejecutarse de forma segura, económica y racional desde el punto de vista ecológico, aplicando las tecnologías de que ya se dispone.

Una instalación, la Planta Piloto para el Aislamiento de Desechos (WIPP), en los Estados Unidos, señala el camino futuro. Aunque no se le ha otorgado licencia para recibir desechos de actividad alta, la instalación es el primer repositorio geológico en funcionamiento del mundo, concebido para la disposición final permanente de desechos radiactivos de período largo.

DESAFIOS MUNDIALES

En la mayoría de los países, el establecimiento de programas para la selección de emplazamientos de repositorios tropieza con dificultades. Uno de los principales obstáculos comunes es que el público no acepta el concepto de disposición final debido a temores por la seguridad, a la desconfianza en la tecnología y al desconocimiento de las opciones.

Otros obstáculos también entorpecen el progreso. Algunos países, sobre todo los que no tienen grandes programas nucleoelectrónicos, aducen que el costo de su ejecución es un factor limitante en la gestión de desechos. Aunque este costo constituye generalmente sólo un reducido porcentaje de los gastos totales incurridos en la producción de electricidad, algunos Estados tropiezan con dificultades para asignar los recursos necesarios.

Algunos países tampoco tienen los especialistas, el equipo y la infraestructura técnica necesarios para emprender programas de gestión de desechos. Incluso otros quizá no dispongan de las estructuras geológicas adecuadas



para el establecimiento de repositorios.

Aunque continúan realizándose estudios sobre las opciones, algunos países han adoptado medidas concretas para diseñar y construir repositorios para la disposición final. Varios de ellos han establecido o están estableciendo instalaciones de investigación subterráneas. Además, diversos países ejecutan dinámicos programas de selección de emplazamientos y de investigaciones, y también instituyen marcos jurídicos y reguladores para garantizar la seguridad de la disposición final geológica.

Las cuestiones relativas a la posibilidad de ejecutar programas de disposición final geológica, así como a la forma y el momento oportuno de hacerlo, dependen de las decisiones nacionales, y forman parte de la responsabilidad que asumen los Estados respecto de la gestión segura de sus desechos radiactivos. Esas decisiones tienen repercusiones técnicas, económicas, sociales y jurídicas. Aunque quizás sea difícil llegar a un consenso sobre todos los aspectos en cualquier país, es posible impulsar y orientar los progresos a nivel nacional considerablemente logrando un consenso internacional acerca de enfoques y estrategias comunes.

COOPERACION INTERNACIONAL

La cooperación mundial en las esferas de la gestión de desechos radiactivos abarca los tres pilares fundamentales de la labor del OIEA: la tecnología, la seguridad y las salvaguardias.

Tecnología. El OIEA lleva a cabo una serie de actividades que propician la transferencia de tecnología y el intercambio de información y experiencia técnicas relacionadas con la gestión de los desechos, incluida la disposición final geológica de los desechos de actividad alta. Entre ellas se encuentran las conferencias y simposios internacionales sobre aspectos técnicos y de seguridad de la disposición final geológica, proyectos coordinados de investigación que reúnen a expertos de diferentes Estados, a fin de compartir ideas y experiencias, y la publicación de informes sobre las tecnologías más recientes.

El Organismo también organiza exámenes por homólogos, previa solicitud de los interesados, de los programas nacionales de gestión de desechos radiactivos. Los países donde se han realizado esos exámenes en las esferas de la gestión de los desechos y la disposición final geológica son: República Checa, Finlandia, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos.

Seguridad. El Organismo ha prestado especial atención a la necesidad de que se apliquen normas convenidas en la esfera de la gestión de los desechos. En este sentido, en septiembre de 1997 quedó abierta a la firma la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre

Foto: El público recorre el interior de la Planta Piloto para el Aislamiento de Desechos de los Estados Unidos, ubicada en una antigua formación salina.

(Cortesía: US DOE).

seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Ahora tenemos un poco más de la mitad de las ratificaciones necesarias para su entrada en vigor. En esta Convención se establecen los objetivos de seguridad comunes y las obligaciones concretas de las Partes Contratantes para el logro de esos objetivos. Cuando entre en vigor, el cumplimiento de esas obligaciones nacionales se supervisará mediante un proceso internacional de exámenes por homólogos con la participación de las Partes Contratantes.

Otra esfera importante de la cooperación mundial es la elaboración y aplicación de normas de seguridad internacionalmente aceptadas. La disposición final geológica está comprendida en el cuerpo de normas de seguridad del OIEA. Se examinan y actualizan las normas pertinentes, y se despliegan mayores esfuerzos para fortalecer el consenso internacional en esta esfera.

Salvaguardias. El OIEA también se preocupa por la aplicación de su sistema de salvaguardias con respecto a la disposición final geológica de desechos de actividad alta que contienen material nuclear de interés para las salvaguardias.

Se ha emprendido un programa multinacional de apoyo a los Estados Miembros para el desarrollo de salvaguardias en relación con la disposición final del combustible gastado en repositorios geológicos, a fin de promover el avance tecnológico en esta esfera. El fin que se persigue es garantizar que los sistemas de salvaguardias establecidos para la disposición final del combustible gastado cumplan realmente los objetivos de las salvaguardias del OIEA, optimicen los recursos y hagan el mejor uso de las tecnologías existentes sin dejar de cumplir los objetivos de seguridad y protección del medio ambiente.

FOMENTO DE UN MARCO MAS SOLIDO

Entonces, ¿qué puede hacerse para sacar provecho de la experiencia y mantener los progresos alcanzados?

Confío en que las actividades de investigación y desarrollo continuarán propiciando la mejora de las tecnologías de desechos. Sin embargo, es probable que el principal desafío siga siendo la disposición del público y de las autoridades para aceptar las soluciones. Debemos estar dispuestos a entablar un diálogo abierto y constructivo para hacernos acreedores de la fe y la confianza de todos los que están potencialmente afectados por los planes de almacenamiento, transporte y disposición final de los desechos.

Cabe señalar que, en los países donde se hacen progresos en materia de disposición final, las comunidades directamente afectadas depositan cada vez más fe y confianza en las autoridades competentes. Ello no es fácil de lograr, ya que requiere el despliegue de esfuerzos resueltos y pacientes, sobre todo en el país y la región donde se ubicará el emplazamiento para la disposición final.

Iniciativas del OIEA. El Organismo adopta diversas iniciativas para aumentar el intercambio de experiencias y criterios a nivel internacional, y para lograr el consenso que se necesitará para garantizar progresos ininterrumpidos en las esferas de la gestión de desechos radiactivos.

Una de las iniciativas consiste en promover la colaboración internacional en las instalaciones de investigación subterráneas que existen para la disposición final de desechos radiactivos. Ello pudiera servir, entre otras cosas, para demostrar al público que las tecnologías necesarias para el aislamiento de los desechos radiactivos durante períodos prolongados son seguras y viables.

Otra de las iniciativas responde a la necesidad de establecer un marco internacional para resolver con más eficacia los problemas comunes. El OIEA puede actuar de agente catalizador de dicho marco para la seguridad de los desechos radiactivos. Los componentes básicos del marco incluirían:

■ *La Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos.*

■ *La terminación de un conjunto completo de normas internacionales de seguridad para la gestión de desechos, sobre todo en relación con la disposición final de los desechos.*

■ *Los mecanismos internacionales que permitan velar por la aplicación efectiva de esas normas.*

■ *La cooperación internacional para la demostración de la aplicación de las tecnologías en esferas prioritarias de la gestión y disposición final de los desechos radiactivos.*

Durante los últimos decenios, la gestión de desechos radiactivos ha resultado ser un problema social difícil. En general, se han establecido tecnologías racionales que tienen un buen historial de seguridad. Sin embargo, es preciso hacer más para encarar los problemas comunes, demostrar soluciones en la esfera de la disposición final de desechos y otras esferas clave, así como para fortalecer el marco internacional de seguridad.

A medida que los Estados avancen, confío en que esas y otras iniciativas del OIEA redundarán en beneficio de los esfuerzos que se realizan a nivel mundial. Sus resultados deben contribuir a que se mantengan los progresos alcanzados, se comprendan mejor los problemas y se fortalezca el marco de cooperación internacional de forma que ayude a garantizar la gestión segura de todos los tipos de desechos radiactivos. □

LA SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS

LOGRO DE SOLUCIONES INTERNACIONALMENTE ACEPTABLES

POR ABEL J. GONZALEZ

Como reveladoras huellas digitales, los desechos que dejamos atrás caracterizan a nuestra civilización humana. Muestran la forma en que vivimos y cómo cuidamos el mundo que nos rodea.

Durante el pasado siglo, los desechos radiactivos se convirtieron en un inevitable, detectable y, en cierto modo, controvertido subproducto de la aplicación de las tecnologías nuclear y de las radiaciones. Para mérito de las sociedades modernas, los desechos radiactivos provenientes de la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos han estado, por lo general, sometidos a controles mucho más estrictos que los aplicados a otro tipo de desechos. Los principios rectores técnicos y de seguridad tienen características singulares: los desechos de actividad alta no se diluyen ni dispersan en el medio ambiente, sino que se confinan, contienen y aíslan. Este enfoque diferente permite acumular un buen expediente de seguridad respecto de los desechos radiactivos generados en las aplicaciones nucleares pacíficas.

Sin embargo, aún quedan por resolver problemas y dificultades, sobre todo los vinculados a las incertidumbres en torno a las antiguas prácticas y los futuros planes de disposición final.

Por una parte, está la incertidumbre que plantea el manejo de los desechos radiactivos generados por las actividades militares durante la Guerra Fría. Los casos notificados han sido graves, costosos y revelan la existencia de problemas quizás más grandes. Es innegable que estos problemas suscitan muchas dudas sobre todos los tipos de almacenamiento y disposición final de desechos radiactivos, y, lamentablemente,

distorsionan las opiniones acerca del expediente de seguridad de la gestión de desechos procedentes de las actividades del sector civil.

Por otra parte, está la incertidumbre en torno a la disposición final de los desechos de radiactividad muy alta, que requieren aislamiento durante miles de años. Por diversos motivos, los gobiernos no han podido tomar decisiones definitivas respecto de la disposición final de los desechos de actividad alta, aunque las soluciones tecnológicas se consideran factibles y las instalaciones experimentales señalan el camino que se debe seguir. Esta situación ha influido en las percepciones y las actitudes del público en cuanto a continuar desarrollando la energía nuclear.

Afortunadamente, a nivel internacional, está surgiendo un nuevo consenso sobre cómo avanzar. Las medidas adoptadas exigen que se demuestren de manera más palpable las soluciones para la disposición final de desechos radiactivos y que se fortalezca el marco internacional que garantice la gestión segura de todos los tipos de desechos radiactivos y que sea más sensible a las necesidades y exigencias del público, de los responsables de formular las políticas y de todas las demás partes interesadas (es decir, los llamados "interesados directos") en el proceso de tomar decisiones sobre cuestiones complejas relacionadas con la gestión de desechos radiactivos.

Actualmente, el OIEA va a la vanguardia en esta cambiante y difícil coyuntura. Mediante diversos programas, el Organismo y sus Estados Miembros, desempeñan un papel catalizador en pro de una cooperación internacional más eficaz. En el presente artículo, se examinan los acontecimientos

registrados recientemente que han determinado el inicio de este período de trascendental importancia para la seguridad de la gestión de desechos radiactivos y el futuro del desarrollo nuclear.

Incluso antes de que en la histórica Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en 1992, surgiera el lema de "desarrollo sostenible", las cuestiones ya ambientales encabezaban el programa internacional. Sin embargo, la Conferencia de Río de Janeiro indicó un cambio drástico, la renovación de un compromiso y el aumento de las expectativas del público en cuanto a lo que es preciso hacer.

En esa Conferencia, los gobiernos aprobaron un plan de acción para el siglo XXI --denominado Programa 21-- que tiene sus orígenes en la dinámica relación existente entre el desarrollo social, económico y ambiental en cuanto al ordenamiento de los recursos de la Tierra. Es un programa en el que los gobiernos, los individuos y las organizaciones participan por igual a fin de encontrar soluciones sostenibles para los problemas comunes.

Las repercusiones del Programa 21 son significativas, sobre todo para la manera en que las sociedades velarán por que sus desechos no pongan en peligro el aire, no penetren en ríos, embalses y mares ni contaminen las tierras fértiles de las generaciones futuras. Tres de los casi 40 temas importantes escogidos

El Sr. González es Director de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos.

FUENTES NATURALES DE DESECHOS RADIATIVOS

Muchas personas se sorprenden al saber que la propia naturaleza es una gran productora de desechos radiactivos. Una enorme reserva de materiales radiactivos primigenios se encuentra en la superficie y debajo de la corteza terrestre. Procesos naturales, como las erupciones volcánicas, los manantiales de aguas minerales, la erosión y los movimientos de arena, pueden introducir parte de este enorme inventario radiactivo en el hábitat humano.

En Oklo, Gabón, hace 1800 millones de años, un proceso de fisión espontánea que tuvo lugar en un depósito rico en uranio produjo el mismo tipo de desechos radiactivos que generan las centrales nucleares.

Extracción, tratamiento y procesamiento de materiales radiactivos naturales. A los procesos naturales se suman actividades industriales como la producción de minerales en las que se extraen materiales radiactivos primigenios de la Tierra, se utiliza parte de ellos y se deja el resto como residuos radiactivos. La extracción, el tratamiento y el uso industrial de materiales radiactivos naturales (generalmente conocidos como *NORM*) abarcan diversos recursos minerales y actividades industriales. Las principales industrias incluyen la producción de fósforo elemental; la producción de ácido fosfórico; la producción de fertilizantes; la producción de hierro primario y acero; la elaboración del alquitrán de hulla; la producción de coque; las centrales nucleares alimentadas con carbón y con gas; la extracción de carbón, turba, petróleo y gas; la producción de cemento; la industria de la cerámica; la arena mineral; la pro-

ducción de pigmentos a base de titanio, y la extracción de uranio y torio. En algunos de estos procesos industriales, la concentración de materiales radiactivos en el producto y en los desechos puede ser mucho mayor que en el mineral. (Véase el recuadro de las páginas 38 y 39.)

El inventario mundial de desechos radiactivos que se han acumulado debido a procesos naturales y generados por el procesamiento industrial de los NORM es mayormente desconocido. Sin embargo, la cantidad conocida de esos desechos radiactivos naturales es enorme y no ha despertado el mismo interés que los desechos radiactivos procedentes de las actividades humanas. Esta es la situación, aun cuando los niveles de exposición del público a las radiaciones atribuibles a algunos desechos naturales pueden ser de hasta dos órdenes de magnitud por encima de los límites establecidos en las normas internacionales de seguridad para los desechos radiactivos generados por las actividades humanas.

En muchas regiones del mundo, las barreras naturales han mantenido a los NORM aislados durante períodos notablemente prolongados. Por ejemplo, en la mina de uranio de Cigar Lake en el Canadá, el confinamiento ha resultado tan eficaz que no existe ningún indicio químico ni radiológico del depósito de mineral en la superficie de la tierra. En la mina de Alligator Rivers, en Australia, el uranio y sus productos de desintegración se han desplazado sólo a 10 metros de la masa de mineral, aunque ésta se encuentra en formaciones geológicas con un flujo de aguas subterráneas relativamente rápido.

para la adopción de medidas prioritarias están relacionados con la gestión de los desechos peligrosos. En el campo de los desechos radiactivos, se considera que el OIEA desempeña la función rectora en el plano internacional.

Pese a la hoja de servicios en materia de seguridad acumulada en la gestión de desechos radiactivos, procedentes de las actividades nucleares con fines pacíficos, es preciso trabajar más para satisfacer las expectativas y mayores exigencias que caracterizan los inicios de este siglo, y para difundir con más claridad el trabajo que se ha hecho desde el descubrimiento de la radiactividad hace más de 100 años.

El principal desafío de hoy día es fortalecer un régimen internacional para la seguridad de la gestión de

desechos radiactivos, que se amplía bajo la égida del OIEA. Lograrlo significará aumentar la cooperación sobre las formas de intercambiar experiencia y conocimientos técnicos; aumentar la coordinación de los esfuerzos, a fin de garantizar la aplicación de las soluciones y ampliar el diálogo para mantener la confianza y el apoyo del público.

Esta iniciativa es una respuesta oportuna en el contexto de los acontecimientos internacionales y las crecientes dimensiones de las cuestiones relacionadas con la gestión y disposición final de desechos radiactivos.

DIMENSIONES COMPLEJAS

Según donde se viva, se puede ir caminando sobre un terreno que puede catalogarse de "desecho

radiactivo". En esencia, todas las sustancias contienen elementos radiactivos de origen natural. Los niveles de dicha radiactividad natural en el medio ambiente varían en todo el mundo y, en algunos lugares, pueden ser bastante elevados.

Por lo general, la radiactividad natural de la Tierra no se considera parte del programa mundial de desechos. Sin embargo, al fijar un patrón de medida, se sabe que la radiactividad de origen natural desempeña un papel importante en el panorama más amplio de la gestión de los riesgos y en la manera en que deben regularse los desechos radiactivos para proteger la salud pública, la seguridad y el medio ambiente. (Véase el recuadro de esta página y el de la página siguiente.)

MATERIALES RADIATIVOS EN LA NATURALEZA

■ Radio 226 en aguas naturales.

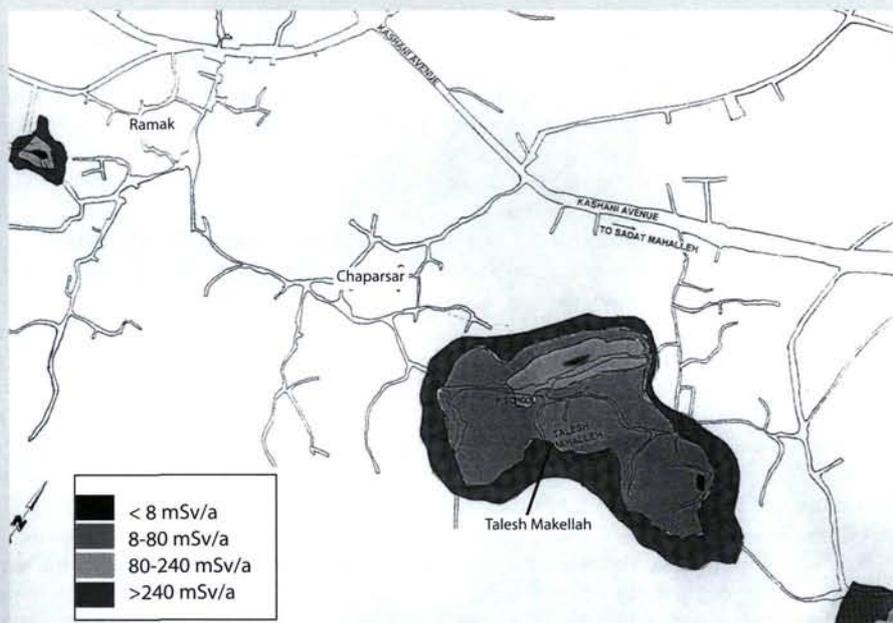
El mapa muestra regiones del Mar Caspio cercanas a ciudad de Ramsar, República Islámica del Irán, donde brotan aguas minerales ricas en radio 226 que depositan "residuos" de precipitados; los niveles de radiactividad de estos residuos pueden exponer a los residentes de la región a radiaciones elevadas. Estos niveles pueden estar 100 veces por encima de los límites internacionales de exposición aplicables a la disposición final de desechos radiactivos (actualmente de un milisievert al año). (Fuente: *V Conferencia Internacional sobre Altos Niveles de Radiación Natural Altos, Munich, 2000*)

■ Arena monacitada en zonas costeras.

Los depósitos de arena en los estados de Río de Janeiro y Espiritu Santo, Brasil, pueden provocar exposiciones a las radiaciones que, por término medio, son 3,6 veces superiores al límite internacional y, en algunos casos, más de 30 veces mayores. El mismo tipo de depósitos existentes en Kerala y Tamil Nadu, India, puede provocar exposiciones a las radiaciones que, por término medio, son unas nueve veces superiores al límite y, en algunos casos, más de 30 veces mayores.

■ **Depósitos volcánicos.** Los depósitos volcánicos en Minas Gerais y Goiás, Brasil, pueden provocar exposiciones a las radiaciones que, por término medio, son 13 veces superiores al límite y, en algunos casos, más de 80 veces mayores. El mismo tipo de depósitos en la isla de Niue puede provocar exposiciones que alcanzan niveles cinco veces por encima del límite.

■ **Carbonalito que contiene torio.** Los depósitos en Mombasa, Kenya, provocan exposiciones a las radiaciones que pueden alcanzar niveles 30 veces superiores al límite.



La naturaleza siempre ha sido el principal generador de desechos radiactivos. Por ejemplo, se calcula que la cantidad de radiactividad natural presente en los mares sea del orden de 10 000 Ebq. (Esta cifra es elevada: como lo expresa la unidad internacional de radiactividad o becquerel, ésta contiene 22 dígitos. Un becquerel representa una cantidad de radiactividad sumamente pequeña y, por tanto, se necesitan números altos para expresar una cantidad significativa). Los desechos radiactivos naturales generados con el transcurso del tiempo --y más recientemente por las industrias de procesamiento de materiales radiactivos naturales, o los NORM-- son sencillamente imposibles de cuantificar (por ejemplo, se ha calculado que sólo

en las regiones de Chkalovsk y Taborsha en Tadjikistán, las colas de desechos residuales provenientes de antiguas operaciones de extracción y tratamiento llegan a unos 50 millones de toneladas con un nivel total de radiactividad de período largo de hasta 0,001 Ebq). Miles de colas de este tipo se encuentran en otros lugares del mundo.

Las preocupaciones del público se centran fundamentalmente en los desechos provenientes de fuentes "artificiales" de radiactividad, en otras palabras, los resultantes de las actividades humanas. Las actividades nucleares del sector civil, incluida la producción mundial de energía nucleoelectrónica, producen sólo una parte de los desechos radiactivos del mundo. Los

programas nucleares militares, entre ellos los ensayos de armas realizados en la atmósfera durante el período de la guerra fría, han generado un porcentaje elevado de desechos radiactivos en todo el mundo. Graves problemas se han puesto de manifiesto debido a antiguas prácticas de gestión de desechos que, por primera vez, comienzan a recibir más atención a escala internacional. (Véase el recuadro de las páginas 8 y 9, y el Boletín del OIEA, Vol. 40, No. 4, 1998).

Según el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), como resultado de la práctica de realizar ensayos de armas nucleares durante la guerra fría, más de 1000 Ebq de desechos radiactivos se descargaron

EL LEGADO DE DESECHOS RADIATIVOS DE LA GUERRA FRÍA

En el pasado decenio, la dimensión de la gestión de desechos radiactivos generados por las actividades militares atrajo creciente atención. Grandes cantidades de desechos radiactivos sujetos a jurisdicción militar se acumularon en numerosos emplazamientos en todo el mundo, sobre todo en los Estados Unidos y en la ex Unión Soviética, durante el período de la Guerra Fría. Informes y estudios realizados han corroborado los problemas originados por las prácticas de la gestión de desechos provenientes del sector militar, y las medidas que se adoptan para solucionarlos.

Una cantidad significativa de desechos radiactivos procedentes de las operaciones militares entró al medio ambiente debido a la fabricación de armas nucleares y sus ensayos atmosféricos y subterráneos, los accidentes con radiaciones en gran escala, y la disposición final de desechos radiactivos en los mares. Sobre todo durante el período inicial de las operaciones, ocurrieron varios percances que provocaron las descargas de desechos radiactivos en el medio ambiente. En la ex Unión Soviética, las descargas entraron en el río Techa y, posteriormente, en el lago Karachái y en otros embalses abiertos en la región de Cheliábinsk, el río Yeniséi, cerca de Krasnoíarsk y el río Tom, cerca de Tomsk. Entre los accidentes se encuentran la explosión de un depósito con desechos radiactivos en Mayak, y la dispersión de polvo radiactivo transportado por el viento, en las orillas del lago Karachái; ambos accidentes ocurrieron en la región de Cheliábinsk en 1957 y 1967, respectivamente, además de la explosión de una planta de reprocesamiento, en Tomsk, en 1993.

El Programa de los Estados Unidos. En este país, grandes cantidades de recursos financieros se destinan a la gestión de desechos radiactivos procedentes de las actividades de defensa. El Programa de Ordenación del Medio Ambiente del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) está encargado de abordar el asunto del legado ambiental dejado por las investigaciones, la fabricación y los ensayos de armas nucleares, y de las investigaciones en materia de energía nuclear y ciencias puras financiadas por el DOE. (Véase el recuadro de la página siguiente.) Todas estas actividades generaron grandes volúmenes de materiales nucleares, combustible nuclear gastado, desechos radiactivos y peligrosos, que contaminaron las instalaciones, los suelos y las aguas subterráneas en 113 emplazamientos de todo el país.

El Programa de Ordenación del Medio Ambiente dirige algunos de los trabajos más complejos y difíciles desde el punto de vista técnico para cualquier programa ambiental en el mundo. Pese a la complejidad y magnitud de su misión, el Programa ya ha concluido la descontaminación completa de 69 de los 113 emplazamientos. Desde 1997, el Programa ha puesto en práctica la iniciativa del cierre de emplazamientos, a fin de mejorar la gestión de programas, acelerar y concluir la descontaminación, así como cerrar en el 2006 la mayor cantidad posible de emplazamientos o partes de emplazamientos. El costo de esta importante operación es enorme y probablemente se acerque a varios cientos de miles de millones de dóla-

res de los Estados Unidos. La estimación de los costos del ciclo de vida incluye gastos por unos 35 000 millones de dólares en los que el Programa ha incurrido desde su comienzo en 1989 hasta el año fiscal de 1996. El Programa aún tiene por delante difíciles tareas que probablemente requerirán de 168 000 a 212 000 millones de dólares para terminarlas.

La Federación de Rusia y los programas de cooperación. Al otro lado del Atlántico, el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIAAS) estableció el proyecto de Seguridad Radiológica de la Biosfera (RAD), a fin de realizar varios estudios sobre los problemas creados por los desechos radiactivos en la antigua URSS. En la Federación de Rusia, los problemas relacionados con este legado radiológico se tratan en el marco del Programa federal ruso denominado "Gestión de desechos radiactivos y materiales nucleares gastados, su utilización y disposición final para el período comprendido entre 1996 y 2005". Este programa recibe importantes aportes mediante un proyecto denominado Radleg, del Centro Internacional de Ciencia y Tecnología (ISTC). El IIAAS es uno de los iniciadores de este proyecto y su principal cliente. Los resultados del proyecto Radleg deben hacer importantes contribuciones al más amplio proyecto RAD.

Además, en 1995, se estableció un grupo de contacto integrado por expertos para la cooperación internacional en esferas de la gestión de desechos radiactivos en la Federación de Rusia. Está a punto de concluirse un documento sobre la estrategia general de gestión de desechos radiactivos y del combustible gastado, en la Federación de Rusia, que facilitará el apoyo financiero a proyectos de alta prioridad. Se han tomado disposiciones financieras respecto de algunas actividades prioritarias relacionadas con el almacenamiento de combustible gastado y el procesamiento de desechos. (Véase el artículo de la página 64.)

En la antigua URSS, la estructura del complejo nuclear incluía los reactores productores de plutonio y tritio; la fabricación de combustible nuclear para los reactores; la producción de uranio muy enriquecido (UME); la reelaboración de combustible gastado de los reactores productores para recuperar plutonio, la producción de componentes de armas nucleares a partir de UME y plutonio metálicos; las fábricas e instituciones dedicadas al diseño y la fabricación de ojivas nucleares y dispositivos conexos; los trabajos de producción para la fabricación de combustible nuclear destinado a los reactores de propulsión de buques de guerra nucleares y las instalaciones para el procesamiento de combustible gastado; las centrales nucleares, los reactores de investigación, los reactores de propulsión de buques nucleares civiles, las plantas para la fabricación de combustible nuclear y las plantas de reprocesamiento de combustible gastado; las instalaciones para la producción de isótopos radiactivos y fuentes de radiación ionizante destinados a la economía nacional, y las empresas para el procesamiento y disposición final de desechos radiactivos (empresas especiales del radón). La producción de materiales nucleares primarios con fines militares y civiles se realizaba, por regla general, en instalaciones indus-

CANTIDADES DE DESECHOS RADIATIVOS Y COMBUSTIBLE GASTADO PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE DEFENSA EN LOS ESTADOS UNIDOS

En los Estados Unidos, la gestión de desechos radiactivos provenientes de las actividades de defensa abarca:

- la rehabilitación de casi 10 billones de litros de aguas subterráneas contaminadas, cantidad igual a casi cuatro veces el consumo diario de agua en los Estados Unidos;
- la rehabilitación de 40 millones de metros cúbicos de suelos y detritos contaminados, suficientes para llenar unos 17 estadios deportivos profesionales;
- el almacenamiento y vigilancia en condiciones de seguridad de más de 18 toneladas métricas de plutonio utilizable para la fabricación de armas, suficientes para fabricar miles de armas nucleares;
- la gestión de más de 2000 toneladas de combustible nuclear gastado muy radiactivo;
- el almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos radiactivos y peligrosos, incluidos más de 160 000 metros cúbicos que están actualmente almacenados y más de 50 000 millones de litros de desechos líquidos de radiactividad alta;
- la desactivación y/o clausura de unas 4000 instalaciones, que ya no son necesarias para apoyar misiones activas;
- la ejecución de programas de no proliferación nuclear de importancia fundamental para recibir el combustible nuclear gastado y realizar su gestión segura; ese combustible procede de reactores de investigación extranjeros y contiene uranio muy enriquecido utilizable para la fabricación de armas;
- el cuidado y la vigilancia a largo plazo --o la custodia-- posiblemente durante cientos de años, de unos 109 emplazamientos tras su descontaminación .

CANTIDADES DE DESECHOS RADIATIVOS Y COMBUSTIBLE GASTADO ACUMULADOS EN LA FEDERACION DE RUSIA

Ministerios, departamentos, y organizaciones	Líquidos		Sólidos		Combustible gastado	
	m ³	Bq	m ³	Bq	Tons	Bq
Ministerio de Energía Atómica de la Federación de Rusia (Minatom) Extracción y tratamiento del mineral de uranio, enriquecimiento del uranio, fabricación de combustible nuclear, producción de energía nucleoelectrónica, reprocesamiento del combustible gastado y producción de materiales para armas nucleares.	4,0 10 ⁸	6,3 10 ¹⁹	2,2 10 ⁸	8,14 10 ¹⁸	8700	17,02 10 ¹⁹
Ministerio de Defensa de la Federación de Rusia (Armada) Explotación y utilización de buques y submarinos nucleares	1,4 10 ⁴	4,44 10 ¹²	1,3 10 ⁴	29,6 10 ¹²	30	5,55 10 ¹⁷
Ministerio de Economía de la Federación de Rusia Departamento de la Industria de Defensa Construcción, reparación y utilización de buques y submarinos nucleares	3,2 10 ³	18,5 10 ¹⁰	1,5 10 ³	3,7 10 ¹²	*	*
Ministerio de Transporte de la Federación de Rusia Explotación y utilización de rompehielos nucleares	4,4 10 ²	5,5 10 ¹³	7,3 10 ²	3,7 10 ¹⁶	10	17,39 10 ¹⁷
Empresas especiales del radón Procesamiento y disposición final de materiales radiactivos utilizados en las medicinas, las investigaciones científicas, la industria, etc.	-	-	2,0 10 ⁵	7,77 10 ¹⁶	-	-
Total	4,0 10⁸	6,29 10¹⁹	2,2 10⁸	8,51 10¹⁸	8740	17,39 10¹⁹

* Más de 100 submarinos con propulsión nuclear y su combustible gastado esperan ser retirados de servicio.

triales comunes. Las principales instalaciones del complejo nuclear soviético eran la Asociación Industrial de Mayak, en la región de Cheliabinsk, el Combinado Químico de Siberia, en la región de Tomsk y el Combinado Minero y Químico, en Krasnoyarsk. La Federación de Rusia heredó más del 80% del potencial industrial nuclear de la antigua URSS y, por tanto, sus desechos radiactivos. Se estima que el volumen total de desechos radiactivos y combustible gastado acumulado en el territo-

rio de la Federación de Rusia es de más de 600 millones de metros cúbicos de desechos radiactivos y 8700 toneladas de combustible gastado que esperan por su disposición final (véase el cuadro), además de grandes cantidades de desechos residuales provenientes, de las actividades de extracción y tratamiento. Según el IIAAS, la gestión de estos desechos radiactivos se realiza de una manera que no cumple cabalmente las modernas normas internacionales de seguridad radiológica.

libremente en la atmósfera; aunque la mayoría de estos desechos era de período corto, un porcentaje de cerca del 1% era de período relativamente largo. Además, sólo en un Estado poseedor de armas nucleares, las actividades militares relacionadas con la producción de materiales para armas han dejado un legado de cerca de 1000 E bq de desechos residuales, en su mayoría en condiciones de confinamiento precarias. Además, entre 1946 y 1993, como resultado de operaciones de vertimiento "normales", se descargaron cerca de 0,1 E bq de desechos radiactivos en el Atlántico Norte, en el océano Pacífico y en el Ártico. De hecho, mucho más se ha vertido en los océanos del mundo como resultado de "accidentes y pérdidas", entre ellos, numerosos submarinos nucleares hundidos (el último fue el *Kursk* en agosto de 2000) e incluso satélites que funcionan con energía nuclear que han caído en la Tierra.

Los desechos provenientes de la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos suelen ser objeto del examen más riguroso del público, aun cuando su gestión y confinamiento sean adecuados y sus niveles de radiactividad sean análogos a los de otras fuentes, cuya gestión no sea tan adecuada. La cantidad de radiactividad en los desechos acumulados como resultado de la producción mundial de energía nucleoelectrónica durante los últimos cincuenta años es también del orden de 1000 E bq; este inventario aumenta a un ritmo de unos 100 E bq al año.

El volumen de desechos radiactivos provenientes del sector civil tampoco es muy grande. Todos los desechos de actividad alta acumulados hasta ahora --aunque muy radiactivos-- podrían colocarse en un lugar de almacenamiento grande de alrededor de una hectárea, o una cuadra de cualquier ciudad. Esto obedece a la eficiencia del combustible nuclear y a la rigurosa estrategia de concentración y

confinamiento de los desechos que aplica la industria nuclear civil. La explotación de una central nuclear eléctrica de 1000 megavatios requiere cerca de 27 toneladas de combustible al año. Una central equivalente alimentada con combustible fósil consumiría al año unos 2,6 millones de toneladas de carbón (o cinco trenes de 1400 toneladas cada uno al día) o 2 millones de toneladas de petróleo (o 10 superpetroleros al año). No sorprende que estas diferencias se vean en los desechos que se generan. La central nuclear producirá unas 27 toneladas de desechos radiactivos de actividad alta, 310 toneladas de desechos de actividad media y 460 toneladas de desechos de actividad baja, mientras que la central equivalente alimentada con carbón liberará en el medio ambiente 6 millones de toneladas de gases de efecto invernadero, 244 000 toneladas de óxidos de azufre, 222 000 toneladas de óxidos de nitrógeno y 320 000 toneladas de cenizas que contienen 400 toneladas de metales pesados tóxicos. Estas cenizas contienen grandes cantidades de NORM concentrados, que pueden exponer a la raza humana a dosis colectivas más altas que las atribuibles a los desechos descargados en el medio ambiente por las centrales nucleares que generan la misma cantidad de electricidad.

En realidad, los propios procesos de la naturaleza y el legado radiológico de las bombas han complicado el panorama de la gestión de desechos radiactivos. Ellos, invariablemente, plantean dudas acerca de cómo se manipulan los desechos provenientes de la producción de energía nucleoelectrónica y otras aplicaciones nucleares pacíficas, y acerca del alcance de la cooperación internacional en esta esfera durante los últimos cuatro decenios. Es posible que estas dudas nunca se disipen completamente --en opinión del público, el lugar de procedencia de los desechos

radiactivos quizás sea mucho menos importante que su manipulación y disposición final seguras--, hasta tanto los problemas se aborden en conjunto y se resuelvan de forma aceptable con una base de apoyo más amplia.

Gestión de desechos radiactivos. Este concepto se aplica generalmente para definir la secuencia de operaciones que comienza con la generación de desechos radiactivos, incluidos su almacenamiento (es decir, la retención temporal de desechos) y disposición final (es decir, la eliminación de los desechos sin intención de recuperarlos). En cuanto a la energía nucleoelectrónica, el proceso comprende la gestión del combustible gastado procedente de los reactores nucleares y termina con la disposición final segura de las sustancias radiactivas inservibles, a saber, las fuentes de radiación desechadas que, como subproducto de la energía nuclear, tienen aplicaciones útiles en la medicina, la industria y otras esferas. Tras la terminación de las actividades que entrañan el uso de materiales radiactivos, es posible que algunos desechos radiactivos queden en el emplazamiento y sus alrededores: éstos, por lo general, se denominan *residuos radiactivos*. La emisión de desechos radiactivos efluentes al medio ambiente suele denominarse *descargas radiactivas*.

Las dimensiones internacionales de la gestión de desechos radiactivos se extienden a esas actividades multifacéticas. Varias de las principales cuestiones están siendo objeto de especial atención:

- la gestión del combustible gastado procedente de los reactores nucleares;
- la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta;
- la gestión y disposición final de las fuentes de radiación;
- el consenso potencial destinado a hallar soluciones internacionales para la seguridad en la gestión y disposición final de los desechos radiactivos.

Gestión del combustible

gastado. Algunos países consideran el combustible gastado procedente de reactores nucleares un desecho radiactivo de actividad alta; otros, como una ventaja, porque el material utilizable puede ser *reprocesado* para convertirlo en un nuevo combustible de reactor, separando los desechos y concentrándolos en vidrio estable y duradero.

Según estimaciones del OIEA, las 433 centrales nucleares en explotación en el mundo descargan anualmente unas 10 000 toneladas de combustible gastado. En los cuatro últimos decenios, la cantidad acumulativa de combustible gastado descargado en todo el mundo fue de unas 220 000 toneladas aproximadamente hasta finales de 1999. Alrededor de 145 000 toneladas se encontraban en instalaciones de almacenamiento seguro, y unas 75 000 toneladas fueron reprocesadas. Se prevé que para el año 2015, la cantidad acumulativa de combustible gastado sobrepase las 340 000 toneladas. (*Véase el gráfico de esta página.*)

El incremento previsto plantea problemas, pues los emplazamientos de almacenamiento en algunos países ya están llegando al tope de su capacidad. Con todo, a nivel mundial, hay o habrá suficiente capacidad de almacenamiento para atender las necesidades proyectadas de los reactores. En algunos países se prevé la utilización de repositorios geológicos para el combustible gastado.

Los reactores nucleares de investigación también generan combustible gastado. Los datos del OIEA muestran que 58 países, incluidos 40 países en desarrollo, explotan 293 reactores de investigación, y 15 más están en fase de construcción. Muchos de los conjuntos combustibles descargados permanecen en el emplazamiento, y algunos ya llevan más de 30 años almacenados.

Según estimaciones aproximadas, 63 000 se encuentran almacenados y otros 23 000 están en núcleos de reactores. De los conjuntos almacenados, unos 46 000 están en países industrializados y 17 000 en países en desarrollo. Un problema fundamental es la disposición final de los conjuntos combustibles gastados en países en desarrollo que originalmente importaron el combustible nuclear. Si bien los acuerdos de importación exigen la devolución futura del combustible gastado al país proveedor, en muchos casos aún no se han negociado arreglos específicos.

Otras fuentes de combustible gastado son los reactores utilizados en la producción de materiales para armas nucleares y buques civiles y de guerra de propulsión nuclear. La gestión del combustible gastado del sector militar es una cuestión que suscita cada vez más preocupación.

Disposición final de desechos radiactivos. Las aplicaciones nucleares producen diferentes tipos de desechos radiactivos. En cuanto a volumen, en su mayoría son “desechos radiactivos de actividad baja”, cuya disposición final se realiza en instalaciones ubicadas justo debajo de la superficie de la Tierra. Se han construido más de 100 de esas instalaciones de disposición final someras y más de 30 están en fase de desarrollo en todo el mundo. Esas instalaciones reciben desechos de actividad baja de las centrales nucleares y los reactores de investigación, así como de la medicina, la industria y las investigaciones.

La situación es diferente en el caso de los desechos radiactivos de actividad alta, ya sea combustible gastado o sus desechos reprocesados, que deben ser aislados en condiciones de seguridad durante milenios. Los círculos científicos y técnicos suelen convenir en que la disposición final de estos desechos radiactivos de relativamente poco volumen, pero de actividad alta,

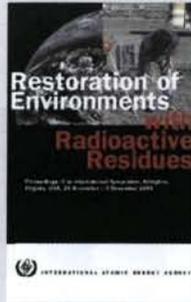


puede realizarse en formaciones geológicas estables, como antiguos domos de sal o túneles de granito a varios centenares de metros bajo la superficie. Múltiples barreras naturales y artificiales impedirían la intrusión humana y garantizarían la contención a largo plazo. Con todo, en ningún país se ha autorizado ningún concepto para la disposición final a largo plazo de los desechos comerciales de actividad alta.

El pasado año, la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos publicó una evaluación internacional de los progresos realizados en relación con la disposición final geológica. El informe destaca que la disposición final geológica es segura desde el punto de vista técnico, y que se deben conceder licencias y abrir instalaciones de disposición final con miras a demostrar de manera convincente que ello puede hacerse.

Un importante paso encaminado a demostrar el concepto de disposición final fue la apertura, en marzo de 1999, de la Planta Piloto para el Aislamiento de Desechos (WIPP), en los Estados Unidos. Ubicada a 700 metros de profundidad en una formación salina, la WIPP es el primer repositorio geológico certificado del mundo para la disposición final de desechos radiactivos de período largo. El emplazamiento fue aprobado para recibir desechos provenientes de

RESIDUOS RADIACTIVOS: HINCAPIE EN LA RESTAURACION DEL MEDIO AMBIENTE



En el Simposio Internacional sobre la rehabilitación de ambientes con residuos radiactivos, celebrado del 29 de noviembre al 3 de diciembre de 1999, en Arlington, Virginia, EE.UU., se abordaron cuestiones relacionadas con los residuos radiactivos generados por actividades humanas y por fuentes naturales. Los datos presentados por los expertos demostraron que la magnitud de los problemas derivados de las actividades humanas, y que la de los problemas relacionados con los residuos radiactivos naturales es aún mayor y que quizás esté más generalizado. Una de las conclusiones fue que hay una evidente necesidad de armonizar de manera coherente la caracterización tanto de los residuos naturales como de los artificiales, a fin de poder encarar la gestión de riesgos y la rehabilitación de emplazamientos con un criterio común. Los participantes destacaron además la necesidad de promover una mayor comprensión por el público de los problemas y de que las partes interesadas participen en las actividades de planificación de la rehabilitación. Las actas del simposio pueden solicitarse al OIEA.

las actividades de defensa de los Estados Unidos, pero no tiene licencia para la disposición final de desechos de actividad alta.

Se observan progresos en el estudio y la planificación de la disposición final geológica para desechos de actividad alta en varios frentes en los Estados Unidos, Finlandia, Francia, Suecia y otros países. Con todo, se encuentran obstáculos significativos en muchos casos, fundamentalmente relacionados con las cuestiones de la aceptación del público, la selección del emplazamiento y la demostración de la seguridad.

Los avances tecnológicos registrados en el ciclo del combustible nuclear pueden ayudar a satisfacer algunas inquietudes. Por ejemplo, en la planta de reprocesamiento de La Haya, en Francia, las nuevas técnicas de reducción del volumen pueden convertir los desechos del combustible gastado en desechos sólidos vitrificados de actividad alta. Si la generación anual de combustible gastado del mundo pudiera reprocesarse con las reducciones de volumen equivalentes, puede estimarse aproximadamente que los sólidos

vitrificados resultantes serían del orden de 1000 metros cúbicos, es decir, un cubo de unos 10 metros por cada lado por año de producción de energía nuclear mundial.

Disposición final de fuentes de radiación en desuso. En materia de gestión de desechos está surgiendo un problema nuevo debido a las fuentes de radiación usadas en la medicina, la agricultura, la industria y otras esferas. La disposición final de esas fuentes, que ya no pueden usarse, tiene que realizarse de manera segura. Ahora bien, la gestión de muchas de las fuentes "en desuso" no ha sido adecuada, y a veces siguen "huérfanas" de control regulativo. Se han producido graves incidentes en diversos países, donde fuentes perdidas y abandonadas han ocasionado muertes y lesiones antes de ser recuperadas. En respuesta a los problemas, el OIEA emprendió un Plan de Acción para ayudar a los países a aumentar su capacidad para velar por el control y la disposición final segura de las fuentes de radiación. (Véanse el artículo de la página 60 y el Vol. 42, No. 3, del

Boletín del OIEA, septiembre de 1999.)

NUEVO CONSENSO SOBRE FORMAS DE AVANZAR

El Marco Internacional para la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos. Es un desafío colosal lograr un consenso internacional sobre la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos, ya que toca cuestiones complejas de índole científica, técnica y ética respecto a las cuales las opiniones de los profesionales no siempre coinciden. La iniciativa de fortalecer el marco internacional está fundamentalmente vinculada a la necesidad de armonizar los enfoques y sentar las bases para lograr que el público acepte las soluciones relacionadas con la gestión de desechos.

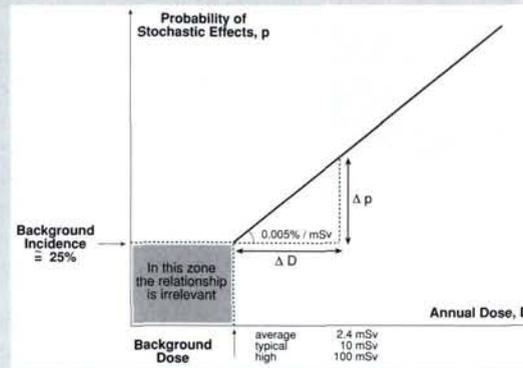
Algunas de las preguntas que se formulan son:

- ¿Deben controlarse los desechos radiactivos de fuentes naturales tan estrictamente como los generados por actividades humanas?
- ¿Qué valores éticos deben regir las decisiones sobre la seguridad de la disposición final de desechos, considerando que las generaciones futuras podrían estar expuestas a las radiaciones nocivas de los desechos dejados por nuestra generación?
- ¿Qué efectos para la salud pueden atribuirse a la exposición a las radiaciones de actividad baja que se prevé producirán los desechos radiactivos que han sido objeto de una buena gestión? (Véase el recuadro de la página 13.)
- ¿Deben las decisiones en materia de gestión de desechos depender de los nuevos adelantos tecnológicos o debe aplicarse la mejor tecnología de la que hoy se dispone? Por extensión, ¿es mejor proceder a la disposición final de los desechos radiactivos en esta fase o esperar y observar cómo evoluciona la tecnología en el futuro?

REGULACION DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS: PROBLEMAS REALES Y APARENTES

Cuando la gestión de los desechos radiactivos es adecuada, se espera que las personas estén expuestas a niveles de dosis de radiación sumamente bajos. Sin embargo, el desconcertante debate profesional acerca de las suposiciones en que se sustenta la regulación de las dosis de radiación bajas puede estar prejuzgando erróneamente las percepciones del público. El debate académico se centra en lo que se denomina la hipótesis "lineal sin umbral" o LNT, que expresa el abrumador consenso internacional (incluido el sistema de las Naciones Unidas) sobre los efectos para la salud atribuibles a la exposición a las radiaciones. La LNT suele formularse de la siguiente manera simplista: la probabilidad de que alguien contraiga cáncer por exposición a las radiaciones es proporcional al nivel de dosis de radiación, sin un umbral seguro de dosis de radiación en cualquier dosis, por pequeña que sea. Ahora bien, la formulación internacional es más sutil y puede expresarse del modo siguiente: por encima de los diversos niveles de radiación de fondo que existan previamente (que tiene un nivel medio de 2,4 milisievert (mSv), y niveles típicamente elevados de cerca de 10 mSv, que podrían llegar hasta 100 mSv), un incremento de la exposición a las radiaciones plausiblemente ocasionará un incremento proporcional en la incidencia de cáncer por encima del nivel de incidencia previamente existente (que se sabe es en extremo elevado –en el mundo occidental alrededor del 25% de las personas muere de cáncer). El gráfico presenta la situación.

La forma de la relación de los niveles de radiación inferiores al nivel de fondo es una cuestión académica interesante, pero no tiene ningún peso en la regulación. El regulador tiene que considerar la plausibilidad de los efectos para la salud de las dosis de radiación superiores al fondo inevitable; además, dada la ubicuidad de la radiación, probablemente las consideraciones se basen en los niveles de fondo típicamente más altos (y no en los más bajos). Cabe destacar que, incluso en esas condiciones, la probabilidad



de contraer cáncer por una exposición marginal a radiaciones es sumamente pequeña. En la actualidad, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas estima que es la cinco milésimas parte de un por ciento (0,005%) por mSv de exposición a las radiaciones; el nivel de exposición del público previsto derivado de desechos radiactivos objeto de una buena gestión es una pequeña fracción de 1 mSv.

Con el transcurso de los años, en la polémica sobre la LNT han participado radiobiólogos, reguladores y otros, y algunos de ellos han adoptado posiciones bastante extremistas acerca de los riesgos por exposición a bajos niveles de radiación. El polémico debate ha complicado los problemas de la regulación de los desechos radiactivos y sus dosis de radiación de actividad baja. Uno de los resultados no deseados de la controversia ha sido que, lejos de ilustrarse, el público esté más confundido. Otro lamentable resultado es la falta de coherencia en la regulación de los desechos radiactivos de actividad baja. En algunos casos, el proceso regulador ha impuesto severos castigos a la sociedad e, involuntariamente, ha obstaculizado la utilización de aplicaciones radiológicas y nucleares beneficiosas.

■ ¿Debe la seguridad en la disposición final de desechos ser una decisión puramente nacional o es una cuestión de interés internacional dado el posible alcance internacional de los problemas y las soluciones?

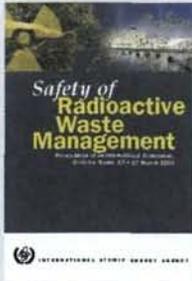
No hay respuestas fáciles para esas preguntas. Es importante señalar que esas preguntas se están formulando y debatiendo mediante el intercambio de criterios en conferencias internacionales, en órganos profesionales, y por

conducto de iniciativas adoptadas en el marco de los propios programas del OIEA sobre seguridad de la gestión de los desechos radiactivos. Varios acontecimientos internacionales recientes están ayudando a definir las formas de avanzar.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) publicó recientemente nuevas recomendaciones en esferas de la gestión de desechos radiactivos: ICRP Publication 77, *Radiological*

Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste; ICRP Publication 81, *Radiological Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste*; e ICRP Publication 82, *Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure*. (Véase el artículo de la página 21.) Además, el Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear publicó un nuevo informe, *The Safe Management of Sources of Radiation*:

LA CONFERENCIA DE CORDOBA



El resultado de una importante conferencia internacional, que tuvo lugar a principios del año en curso, influye extraordinariamente en el nuevo programa de gestión de los desechos radiactivos. *La Conferencia Internacional sobre la seguridad de la gestión de desechos radiactivos*, celebrada en Córdoba (España) del 13 al 17 de marzo

de 2000, fue organizada por el OIEA en colaboración con la Comisión Europea, la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y la Organización Mundial de la Salud y el Gobierno de España fue su anfitrión. Participaron en la Conferencia más de 300 funcionarios superiores y científicos de 55 Estados Miembros y seis organizaciones internacionales.

El principal objetivo de la Conferencia fue permitir entablar un diálogo abierto entre los miembros de los círculos científicos, representantes de instalaciones que producen desechos radiactivos, funcionarios de los órganos encargados de la gestión de desechos radiactivos, de los órganos reguladores nucleares y de representantes de grupos del público interesados. El encuentro proporcionó a los encargados de la formulación de políticas y de la adopción de decisiones una base para la acción política, y resultó ser un paso importante en la búsqueda del *consenso internacional tan esencial en la esfera de la gestión de desechos radiactivos*.

La Conferencia concluyó que --puesto que los desechos radiactivos ya existen y no hacer nada al respecto no es una opción sostenible--, es deber de la presente generación evitar la imposición de una carga indebida a las futuras generaciones así como concebir y aplicar soluciones viables para la gestión segura, incluida la disposición final de dichos desechos. En cada país, incumbe al Parlamento y al Gobierno la responsabilidad de establecer el marco legislativo y de adoptar las decisiones políticas necesarias para la aplicación de una política nacional de gestión de desechos radiactivos.

La Conferencia recomendó que una política nacional de gestión de desechos radiactivos debería ser reflejo de las siguientes consideraciones:

■ Incumbe a los productores de desechos radiactivos la responsabilidad principal de su gestión segura, y son ellos los que deberían proponer opciones apropiadas y garantizar los recursos económicos necesarios para cumplir con dicha responsabilidad.

■ La gestión de desechos radiactivos debería abordarse "holísticamente" para evitar acciones que, si bien resuelven problemas inmediatos, podrían condicionar la futura adopción de decisiones.

■ Como existen incertidumbres, no solamente científicas y técnicas, sino también jurídicas y políticas, inherentes a las diversas opciones para la gestión segura de desechos radiactivos, es necesario procurar enfoques sólidos de gestión que sean aceptables en una amplia variedad de situaciones futuras posibles.

■ Las cuestiones de seguridad deberían abordarse independientemente, de modo que quede garantizado el cumplimiento de los reglamentos y criterios oficialmente definidos, que pueden necesitar revisión periódica con el fin de tener en cuenta los adelantos científicos y técnicos.

■ La puesta en práctica eficaz de las opciones de disposición final requiere una clara definición, en el ámbito nacional, de un enfoque gradual y transparente, que permita a las diferentes partes interesadas, incluidos el público en general y las instituciones públicas, participar en el proceso de adopción de decisiones.

En casi todas las sesiones técnicas, se produjeron debates sobre la necesidad de que intervengan todos los interesados directos en los procesos de adopción de decisiones en relación con la gestión de desechos radiactivos. En este contexto, se acogió con satisfacción la iniciativa del OIEA de pedir el establecimiento de un *foro internacional ad hoc*.

La Conferencia abarcó una gran diversidad de temas y allanó el camino para el fortalecimiento del consenso internacional en esferas clave de la gestión de desechos radiactivos. Las actas se pueden solicitar a la División de Publicaciones del OIEA.

Principles and Strategies.) (Véase el artículo de la página 19.)

Expertos, autoridades encargadas de formular políticas, especialistas en materia de seguridad y otros "interesados directos" han asistido además a importantes reuniones internacionales recientes,

organizadas por el OIEA. Una de ellas fue el Simposio Internacional sobre la rehabilitación de ambientes con residuos radiactivos, que estuvo muy cerca de llegar a un acuerdo sobre la delicada cuestión de la rehabilitación de los hábitat humanos contaminados con

residuos radiactivos. (Véase el recuadro de la página 12.) El foro mayor y más reciente fue la Conferencia Internacional sobre la seguridad en la gestión de desechos radiactivos, celebrada en Córdoba (España) del 13 al 17 de marzo de 2000. (Véase el recuadro de esta página.)

CORDOBA: EL NUEVO PROGRAMA

Los participantes en la Conferencia de Córdoba llegaron a conclusiones significativas sobre una amplia variedad de temas que influyen en la futura dirección a nivel internacional. Valiéndose de sus observaciones, conclusiones y recomendaciones técnicas, destacaron varios aspectos sobre temas clave, incluidos:

■ **Selección del emplazamiento para instalaciones de gestión de desechos radiactivos.** La Conferencia subrayó la importancia de lograr la confianza del público como elemento muy importante para progresos en la selección de emplazamientos para repositorios. Un proceso de selección de emplazamientos que brinde a las partes interesadas la oportunidad de participar desde el principio en un proceso bien definido y transparente proporcionaría mayores oportunidades de éxito.

La comunicación eficaz con el público es un elemento importante para crear y mantener la confianza y promover contribuciones significativas al proceso de adopción de decisiones. Los especialistas técnicos tienen que expresar las cuestiones complejas de la gestión de desechos en términos claros y comprensibles para todas las partes interesadas. Los medios de comunicación también pueden ayudar en esta labor, pero la Conferencia reconoció que los periodistas trabajan bajo sus propias presiones.

■ **Disposición final de desechos radiactivos de actividad baja.** La Conferencia apuntó que los repositorios cerca de la superficie para desechos radiactivos de actividad baja e intermedia procedentes de centrales nucleares, se utilizan en numerosos países, donde han sido aceptados tanto por la esfera política como por el público. En este caso, puede suponerse razonablemente que el

control institucional evite la intrusión durante el limitado período que ha de transcurrir hasta que la mayor parte de la actividad de los desechos haya disminuido por desintegración.

Debido a los grandes volúmenes de desechos radiactivos naturales (NORM) procedentes de la minería y tratamiento de uranio (así como de otras industrias que procesan NORM), la única opción de disposición final económicamente viable es en la superficie o cerca de ella. Aunque las concentraciones de radiactividad no son altas, los radionucleidos en los desechos de la minería y tratamiento son de períodos sumamente largos, y, por lo tanto, las instalaciones de disposición final cerca de la superficie para dichos desechos requerirían el control institucional "a perpetuidad" para evitar la intrusión humana.

Para la mayoría de los tipos de disposición final de desechos, el control institucional es uno de los elementos de un sistema de defensa en profundidad; en realidad, en el caso de la disposición final geológica, su principal finalidad sería proporcionar garantías, más que contribuir a la seguridad. En el caso de los desechos procedentes de la minería y tratamiento, puede ser la única línea de defensa viable para el futuro. Las cuestiones de este tipo rebasan el escenario puramente técnico, y requieren amplias deliberaciones con un espectro mucho más amplio de personas para elaborar soluciones realistas que puedan ser objeto de amplio apoyo.

■ **Disposición final geológica.** La Conferencia consideró, en particular, la disposición final geológica profunda de desechos radiactivos de actividad alta, reconociendo que plantea una serie de problemas de seguridad y éticos. Debe realizarse de modo seguro, tanto ahora como en el futuro, y la actual generación tiene que tener presentes las necesidades y la

seguridad de las futuras generaciones. Las cuestiones clave que deben considerarse son, entre otras: la demostración de la seguridad de la disposición final geológica profunda de desechos radiactivos de período largo y el logro de la aceptación del público y un compromiso al respecto; la seguridad y sostenibilidad del almacenamiento superficial a largo plazo, las repercusiones para la seguridad del establecimiento de almacenamientos subterráneos de materiales recuperables hasta que se proceda a la disposición final, y las ventajas de las instalaciones internacionales o regionales de disposición final para ayudar a pequeños países y limitar el número de emplazamientos de disposición final.

La selección del emplazamiento de repositorios tiene dimensiones locales, nacionales e internacionales. Es preciso proporcionar explicaciones sobre la necesidad de la disposición final, así como sobre los criterios conexos y los requisitos del proceso, tanto a nivel local como nacional. Aumentar la confianza del público a nivel local es una etapa importante en cualquier proceso de selección del emplazamiento de instalaciones de disposición final.

Una cuestión clave en la concesión de licencias de repositorios es la calidad prevista de las verificaciones de las cuestiones de seguridad, es decir, lo que constituye "garantía razonable" de que el repositorio cumplirá los criterios de seguridad a largo plazo. Actualmente, parece que no existe sustituto para el ejercicio del buen criterio.

La Conferencia reconoció que se ha realizado una gran cantidad de trabajo de investigación y desarrollo, con participación de laboratorios geológicos, y que existen suficientes conocimientos técnicos para permitir a la presente generación la gestión y disposición final seguras de desechos radiactivos; no obstante, se han hecho pocos progresos a escala

internacional en el establecimiento real de instalaciones de disposición final geológica. En los casos en que se han logrado progresos, han quedado demostradas las ventajas de la participación del público en todo el proceso de adopción de decisiones. En la actualidad, se admite sin reservas el beneficio de la comunicación y de la participación del público.

Existe todavía la necesidad de un consenso internacional sobre normas y criterios de seguridad en relación con la disposición final geológica. Dicho consenso tendrá que evolucionar paralelamente a un proceso de consultas.

■ **Almacenamiento perpetuo.** La Conferencia destacó que el almacenamiento perpetuo de desechos radiactivos no es una práctica sostenible y no ofrece solución alguna para el futuro; más bien, es una fase intermedia en la gestión integrada de los desechos radiactivos. Aunque el almacenamiento vigilado, recuperable y pasivamente seguro de desechos puede lograrse durante décadas, deben realizarse progresos hacia el establecimiento de la disposición final.

El almacenamiento no debe utilizarse como un "compás de espera" sin final; siempre existirán avances que pueden esperarse en el futuro, y el incentivo y la determinación de proceder a la disposición final podrían perderse, lo que sin un control eficaz podría conducir a un comportamiento degradado con respecto a la seguridad y a perjuicios ambientales. Los participantes señalaron además que el almacenamiento a largo plazo no es un proceso sencillo ni barato y que requerirá el control institucional por un organismo con los conocimientos, experiencia y recursos financieros necesarios. Las investigaciones han indicado que el almacenamiento puede seguir siendo seguro durante muchos decenios, siempre que se mantenga el control. No obstante, aun cuando los adelantos tecnológicos

contribuyesen a la viabilidad del almacenamiento seguro durante largos períodos, las cuestiones relativas al mantenimiento del control institucional podrían ser un factor limitativo.

■ **Recuperabilidad de los desechos que han sido objeto de disposición final.** La Conferencia examinó con cierto detalle la polémica cuestión de la recuperabilidad de los desechos que han sido objeto de disposición final. Se reconoce ampliamente que ciertas disposiciones explícitas en el diseño y construcción de repositorios geológicos para la recuperabilidad de los desechos son un medio importante de promover la confianza del público en la posibilidad de mantener los desechos radiactivos en condiciones de seguridad, y de evitar opciones de las que se excluyan a las futuras generaciones.

Ahora bien, esto debe lograrse sin comprometer la seguridad a largo plazo del repositorio, y no se debería suprimir el requisito de evaluar la seguridad e idoneidad a largo plazo del repositorio, antes de que comience la colocación de desechos. Es importante tener en cuenta que mientras se mantenga la recuperabilidad será necesario el control institucional para proteger al público y al medio ambiente. Dichos controles deberían estipular las salvaguardias nucleares necesarias para repositorios que contengan combustible gastado u otros materiales fisiónables.

■ **Repositorios internacionales.** Los repositorios internacionales podrían finalmente ofrecer la posibilidad de la disposición final geológica a países que no tienen formaciones geológicas adecuadas en su propio territorio. Podrían ofrecer también a países con pequeñas cantidades de desechos la oportunidad de mancomunar los recursos económicos y técnicos, en vez de desarrollar cada uno su propio programa de repositorios, y esta cooperación podría contribuir a un consenso de base más amplia

sobre las cuestiones de la seguridad de los desechos.

No obstante, la Conferencia concluyó que, al parecer, existen escasas perspectivas de que dichos proyectos logren la aceptación del público, hasta que algunos repositorios geológicos nacionales hayan demostrado su éxito.

Además, podría ser contraproducente promover este concepto en estos momentos, pues podría obstaculizar los programas nacionales de repositorios.

■ **Gestión segura de fuentes radiactivas.** La Conferencia recomendó que la disposición final segura de las fuentes radiactivas en desuso sea básicamente una responsabilidad nacional. Si esas fuentes en desuso se almacenan por largos períodos, aumentará la probabilidad de que de un modo u otro se pierda el control. El precio de compra de las fuentes debería incluir tal vez alguna provisión para el posible costo de la disposición final.

En el caso de países que no disponen de instalaciones de disposición final, la disposición final segura supondrá, en la mayoría de los casos, la transferencia de las fuentes a otro país, normalmente el país proveedor, que tiene la infraestructura necesaria para la disposición final de las mismas en condiciones de seguridad. Una alternativa posible sería concebir métodos económicos para la disposición final segura de las fuentes. Una alternativa en desarrollo es el llamado "concepto de pozo de sondeo".

En lo que se refiere a la posibilidad de devolver las fuentes a los proveedores, la Conferencia recalcó que, en muchos casos, el proveedor de una fuente no es la misma entidad que el fabricante original. El sistema jurídico de su país impide a algunos proveedores aceptar fuentes devueltas, y otros se han mostrado reacios a comprometerse a ello. Este problema podría mitigarse si la atención se centrara en las fuentes

que representan el mayor riesgo, es decir, clasificar las fuentes en categorías, y procurar compromisos, como mínimo, de aceptar la devolución de estos tipos de fuentes. Cuando los proveedores abandonan el mercado, es preciso que los Estados proporcionen un "apoyo" para garantizar que no se permite que, como resultado, las fuentes queden fuera de control.

La Conferencia expresó su apoyo al *plan de acción del Organismo para la seguridad de las fuentes de radiación y la seguridad de los materiales radiactivos* y su interés en la elaboración en curso de un *código internacional de conducta* en esta esfera.

■ **Movimiento transfronterizo de desechos radiactivos.** La Conferencia examinó el movimiento transfronterizo de desechos radiactivos, es decir, desechos desplazados de una jurisdicción, a saber, la del país de origen, a otra jurisdicción, a saber, la del país de destino. Dicho movimiento se realiza frecuentemente a través de una o más jurisdicciones distintas de las anteriores, la jurisdicción del país o las jurisdicciones de los países de tránsito, o la de alta mar. Por lo tanto, inevitablemente se aplican diferentes regímenes jurídicos en diferentes etapas del movimiento de dichos materiales. Esto, a su vez, requiere una armonización internacional amplia en esta esfera.

En la esfera nuclear dicha armonización está comparativamente muy avanzada, como queda demostrado por los documentos internacionales de consenso tales como el *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*, del OIEA. La responsabilidad de la observancia de esas normas internacionales para el transporte de materiales radiactivos por medios marítimos incumbe al Estado de abanderamiento, aunque se espera que la Organización Marítima Internacional (OMI) haga obligatoria, en breve, la observación de dichas normas.

La Conferencia apuntó que no existe ningún requisito general según el derecho internacional para la aprobación por Estados costeros de las expediciones de desechos radiactivos a través de sus aguas territoriales, con tal de que se adopten las precauciones de seguridad necesarias. Actualmente, la responsabilidad civil se rige, en gran medida, por el derecho internacional privado, con todas las incertidumbres que se derivan del mismo para las víctimas potenciales. Dado el papel que dichas incertidumbres desempeñan en el fomento de la oposición al transporte internacional de desechos radiactivos, una mayor adhesión al régimen internacional de responsabilidad nuclear ayudaría a lograr una aceptación más amplia de dicho transporte. El transporte internacional de materiales radiactivos tiene un excelente historial de seguridad. No obstante, existe una amplia disparidad entre la percepción del público y la realidad a este respecto. Es necesario un diálogo constructivo y abierto con los interesados directos, para explicar el régimen --aunque a veces complicado--, de transporte internacional de materiales radiactivos, incluidos los desechos, y el historial de seguridad de dicho régimen.

■ **Régimen Internacional para la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos.** Un importante resultado de la Conferencia fue su apoyo al régimen internacional para la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos del OIEA (*véase el recuadro de la página 18*), a saber: i) la Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, como instrumento jurídico estimulador que presupone un elevado grado de compromiso por las Partes Contratantes en cuanto a la gestión segura de desechos radiactivos; ii) las normas internacionales de seguridad ya

existentes; y iii) los mecanismos internacionales para proveer la aplicación de esas normas internacionales de seguridad.

La Convención Conjunta impone compromisos nacionales vinculantes, respaldados mediante exámenes internacionales por homólogos, para lograr objetivos de seguridad internacionalmente y, por lo tanto, proporciona un mecanismo para promover la confianza en los programas nacionales.

La Conferencia observó que actualmente existe una base bien establecida y comprendida para elaborar estructuras nacionales legislativas y regulatorias para la gestión segura de los desechos radiactivos. La globalización económica ha aumentado los beneficios potenciales de las normas de seguridad internacionalmente armonizadas. Ahora bien, las perspectivas para la adopción de dichas normas son limitadas, porque algunos países consideran que adoptar dichas normas podría ir en detrimento de su soberanía nacional. Este aparente conflicto entre la armonización internacional y la soberanía nacional es una cuestión política fuera del alcance de la comunidad técnica.

PERSPECTIVAS: DESHACIENDO EL NUDO

El futuro de la disposición final de los desechos radiactivos y, por consiguiente, de la energía nuclear son importantes cuestiones de la agenda internacional. El OIEA puede servir de catalizador en la búsqueda de un consenso que desde hace tiempo la comunidad internacional ha estado eludiendo.

En el discurso inaugural que pronunció en la Conferencia de Córdoba, el Representante Residente de los Estados Unidos ante el OIEA, Embajador John B. Ritch, nieto, indicó que en el ámbito de la energía nuclear, se necesita un amplio debate en dos sentidos. Es preciso contar con

REGIMEN INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD EN LA GESTION DE DESECHOS RADIACTIVOS

Se está fomentando un *régimen internacional para la seguridad en la gestión de desechos radiactivos* bajo la égida del OIEA. El régimen comprende tres elementos clave: *compromiso con instrumentos internacionales con fuerza jurídica obligatoria entre los Estados; establecimiento de normas internacionales de seguridad de los desechos acordadas a nivel mundial; y disposiciones para la aplicación de dichas normas.*

■ **Compromiso con instrumentos internacionales de seguridad con fuerza jurídica obligatoria.** En los últimos años, los compromisos contraídos por los Estados han venido a desempeñar un papel crucial en el mejoramiento de la seguridad nuclear, radiológica y de los desechos. El OIEA ayuda al proceso, facilitando esos acuerdos y desempeñando diversas funciones para las Partes Contratantes una vez que los acuerdos están en vigor. Esas funciones incluyen actuar de Secretaría para las Partes y prestarles servicios previa solicitud; en lo que respecta a la seguridad de los desechos, uno de esos acuerdos es la *Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos*, que los Estados aprobaron en 1997.

■ **Establecimiento de normas internacionales de seguridad de los desechos.** En atención a las necesidades de sus Estados Miembros, el OIEA ha elaborado y publicado más de 200 normas de seguridad radiológica y nuclear, incluidas normas sobre la seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Las primeras normas de seguridad específicas

para los desechos radiactivos se publicaron pocos años después de la creación del OIEA. Ya en el decenio de 1980, el OIEA había creado un cuerpo de normas especiales que tuvieron gran difusión, denominado "Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos" (RADWASS). Un documento fundamental de esta colección, *Principios para la gestión de desechos radiactivos*, se publicó en 1995, y sirvió de base técnica para la Convención Conjunta. (Véase el artículo de la página. 24.)

■ **Disposiciones para la aplicación de normas de seguridad.** La estrategia del OIEA para velar por la aplicación de las RADWASS se centra en cinco esferas principales de actividad:

- fomentar el intercambio sistemático de información sobre seguridad de los desechos,
- promover la educación y capacitación en materia de seguridad de los desechos,
- apoyar y coordinar actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la seguridad de los desechos.
- proporcionar programas de cooperación y asistencia para la aplicación de las normas de seguridad de los desechos, y
- prestar servicios pertinentes a los Estados Miembros previa solicitud.

La comunidad internacional puede utilizar este régimen internacional como mecanismo para lograr la gestión segura de los desechos radiactivos y facilitar la solución de problemas conexos.

una amplia participación que abarque los gobiernos, los explotadores, la industria, los reguladores, las organizaciones no gubernamentales, los expertos respetados y los grupos de ciudadanos, en fin, a todos y cada uno de los que sirven de portavoz de la opinión pública o influyen en ella. También se requiere una amplia variedad de temas, de modo que el diálogo público rebasa la estrecha y polémica cuestión de dónde y cómo se almacenarán los desechos. El debate debe ser holístico, incluido un análisis pleno y realista de las alternativas energéticas, encaminado, entre otras cosas, a determinar una función aceptada y razonable para la energía nucleoelectrónica y sus subproductos.

El Embajador recurrió a una adecuada analogía para describir la

situación, recordando que, según la mitología griega, un oráculo predijo que quien pudiera deshacer el tan enmarañado nudo gordiano, gobernaría toda Asia. Conforme a la leyenda, Alejandro Magno sencillamente cortó el nudo con su espada y alcanzó la vaticinada gloria. La metáfora de resolver los problemas con soluciones rápidas y hábiles es oportuna. En la actualidad, cuando se enfrenta el desafío de lograr un consenso en torno al polémico debate sobre la gestión de los desechos radiactivos y el desarrollo nuclear con fines pacíficos, no se dispone de una solución fácil como ésa.

Como concluyó el Embajador Ritch, si queremos regir nuestro destino y orientarnos racionalmente con miras a satisfacer la imperiosa necesidad de producir una energía de mayor volumen y más inocua, no lo lograremos haciendo caso omiso

del actual punto muerto en que nos encontramos. Los obstáculos no se pueden pasar por alto ni eliminar. Debemos deshacer el nudo gordiano, cuidadosamente y con esfuerzo, aprovechando bien y sabiamente todos nuestros recursos e instituciones democráticas.

El OIEA puede ser el tan necesario *foro de partes interesadas* para fomentar un consenso que incluya a todas esas partes, un consenso que permita lograr soluciones aceptables para todos los tipos de desechos radiactivos y que pasen la prueba del tiempo. □

--En septiembre de 2000, en la Conferencia General del OIEA, un foro científico sobre cuestiones relativas a la gestión de los desechos radiactivos reúne a expertos y autoridades de distintas organizaciones y de los 130 Estados Miembros del Organismo.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES

PARA UNA MEJOR GESTION DE DESECHOS RADIACTIVOS

POR ALEC J. BAER

El Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear (INSAG) ha sugerido tres principios generales que se aplican a cualquier actividad industrial futura. Esos principios, enunciados en el informe de 1999 titulado *The Safe Management of Sources of Radiation: Principles and Strategies* (INSAG-11), son los siguientes:

- Al considerar el ciclo de vida completo de una actividad, los beneficios deben ser mayores que los riesgos.
- Los riesgos deben mantenerse en todo momento a un nivel tan bajo como pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales.
- Ningún individuo debe estar expuesto a un nivel inaceptable de riesgo como consecuencia de esa actividad.

Además, si una actividad industrial, como sucede con la gestión de desechos radiactivos, entraña un riesgo de irradiación, el objetivo general que debe perseguirse es la protección de los individuos, la sociedad en su conjunto y el medio ambiente contra los efectos perniciosos de la radiación ionizante.

Un ejemplo de aplicación concreta de esos principios es la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, confirmando así que la gestión de desechos radiactivos no es más que un caso particular de actividad industrial en una sociedad moderna.

Sin embargo, la experiencia acumulada en los últimos decenios

demuestra que la sociedad en su conjunto no considera que la gestión de desechos radiactivos sea solamente una de las tantas actividades industriales que se llevan a cabo, como por ejemplo, la fabricación de productos químicos, la extracción de metales o la construcción de aviones. Al parecer, algo no ha funcionado bien en alguna esfera y muchas personas ponen en tela de juicio, constante y casi instintivamente, la seguridad en la gestión de desechos radiactivos.

Nosotros, los especialistas, no hemos logrado reconocer que la gestión de desechos radiactivos sólo tendrá éxito en el contexto del desarrollo sostenible de la humanidad. No nos hemos percatado de que los problemas que encaran todos los que están encargados de la gestión de los desechos radiactivos son los mismos que determinan el desarrollo sostenible y nos hemos limitado a aquellos problemas tecnológicos que son, sin duda, esenciales, pero no lo suficiente.

Pese a lo que siempre hemos querido creer, la sociedad moderna concede más importancia a las cuestiones sociales o sociopolíticas, éticas y ecológicas que a la tecnología o, incluso, a la economía. No incorporar todas esas cuestiones en un plan general para la gestión de desechos radiactivos motivará el rechazo de la sociedad. Una ley de la historia humana es que la tecnología y los sistemas sociales siempre han coexistido en una relación simbiótica, y hoy día eso sucede más que nunca.

Como tecnólogos de la esfera de la gestión de desechos

radiactivos tendemos a concentrarnos en nuestras actividades profesionales y a olvidarnos de que cada uno de nosotros, como individuos, también forma parte de esta sociedad en que vivimos. Si queremos realmente resolver el problema de la gestión de desechos radiactivos, y sobre todo el de la disposición final de desechos radiactivos, tenemos que ocupar el lugar que nos corresponde en la sociedad.

Esta sociedad considerará que la gestión de desechos radiactivos será segura cuando se tomen debidamente en cuenta la tecnología, la ética, la economía, la ecología y las preocupaciones sociopolíticas, pero no antes. Para alcanzar ese objetivo, tenemos que seguir buscando soluciones tecnológicas, y, lo que es aún más importante, debemos comprender que, por sí sola, la tecnología nunca garantizará la gestión segura de los desechos radiactivos.

Además, debemos entender que el verdadero lugar de la tecnología en la sociedad no es el que creemos que ocupa. Siempre que un enfoque tecnológico sobre una cuestión determinada esté en pugna con un enfoque sociopolítico, este último prevalecerá. Las sociedades humanas no están organizadas conforme a principios científicos y no son necesariamente

El Sr. Baer, de Suiza, es Presidente del Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear, órgano de expertos de gran prestigio en materia de seguridad de los Estados Miembros que asesora al Director del OIEA.

GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR

El Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear (INSAG), establecido en 1985, está compuesto por expertos de gran prestigio de los Estados Miembros del OIEA.

El Grupo asesora al Director General del OIEA en las esferas de seguridad nuclear, seguridad radiológica y seguridad de los desechos radiactivos desde un punto de vista mundial. Sus funciones son recomendar principios básicos que sirvan de fundamento para adoptar normas y medidas de seguridad adecuadas; servir de foro para el intercambio de información sobre cuestiones de interés general para la seguridad de importancia internacional; identificar importantes problemas actuales relacionados con la seguridad y extraer conclusiones sobre la base de los resultados de las actividades de seguridad a nivel mundial, y otra información como los resultados de las actividades de investigación y desarrollo; brindar asesoramiento sobre cuestiones relacionadas con la seguridad en las que se requiera intercambiar información y/o realizar esfuerzos adicionales; y brindar asesoramiento, si se le solicita, sobre el contenido de los programas del Organismo en la esfera de la seguridad nuclear, la seguridad radiológica y la seguridad de los desechos radiactivos.

Publicaciones del INSAG. El Grupo ha publicado informes y notas técnicas sobre diversos temas.

INSAG-1: Informe resumido sobre la Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobil (1986)

INSAG-2: Términos fuentes de radionucleidos provenientes de accidentes graves en centrales nucleares con reactores de agua ligera (1987)

INSAG-3: Principios básicos de seguridad para centrales nucleares (1988)

INSAG-4: Cultura de la seguridad (1991)

INSAG-5: Seguridad de la energía nucleoelectrónica (1992)

INSAG-6: Evaluación probabilística de la seguridad (1992)

INSAG-7: El accidente de Chernobil: Actualización de INSAG-1 (1993)

INSAG-8: Base común para juzgar la seguridad de las centrales nucleares construidas con arreglo a normas anteriores (1995)

INSAG-9: La exposición potencial en seguridad nuclear (1995)

INSAG-10: La defensa en profundidad en seguridad nuclear (1996)

INSAG-11: The Safe Management of Sources of Radiation: Principles and Strategies (1999)

INSAG-12: Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants (INSAG-3, Rev, 1) (1999)

INSAG-13: Management of operational safety in nuclear power plants (1999)

INSAG-14: Safe Management of the Operating Lifetimes of Nuclear Power Plants (1999)

Nota Técnica No. 1 del INSAG: Towards Improvement in Quality Assurance

Nota Técnica No. 2 del INSAG: The Importance for Nuclear Safety of Efficient Feedback of Operational Experience.

Nota Técnica No. 3 del INSAG: A Review of the Report "IAEA Safety Targets and Probabilistic Risk Assessment", preparado para Greenpeace International.

Puede obtenerse más información sobre éstas y otras publicaciones, así como sobre temas relacionados con la seguridad nuclear, radiológica y de los desechos, en el sitio WorldAtom del OIEA en Internet en www.iaea.org. Véanse las páginas del Programa del Departamento de Seguridad Nuclear y la sección "Books" de WorldAtom sobre las publicaciones del OIEA.

racionales en sus decisiones. Aún cuando la tecnología es imprescindible para la sociedad, no es más que un pequeño engranaje de una estructura sumamente complicada.

Teniendo en cuenta el carácter complejo de la tecnología, la mayoría de los miembros de la sociedad no pueden compartir nuestros conocimientos y nuestros enfoques. Por tanto, tendemos a quedarnos en nuestro limitado mundo y a reafirmar, por ende, nuestros prejuicios comunes. Aún cuando comprendemos que predicar a los conversos no conduce a nada, todavía no hemos adoptado medidas correctoras adecuadas.

Expresemos mejor nuestras ideas poniendo más énfasis en la comunicación. Tenemos un relato fascinante que contar; hagamos mayores esfuerzos por explicar a los demás lo que, en nuestra opinión, es la gestión segura de los desechos radiactivos.

Como la comunicación es bidireccional, cuando explicamos con más claridad nuestra actividad también escuchamos con más claridad a los demás. Hagamos verdaderos esfuerzos por comprender mejor lo que los demás tienen que decir y qué dificultades tienen con nuestra manera de pensar.

Por último, deberíamos recordar que las preocupaciones

sociopolíticas y la sociedad misma cambian con mucha más rapidez que los principios en los que se basan la tecnología, la economía, la ética o la ecología. Irónicamente, la fiabilidad y la estabilidad de un emplazamiento para la disposición final de desechos radiactivos son mucho mayores que las de una sociedad, pero la generación actual debe adoptar ahora las decisiones relacionadas con ese emplazamiento. Contribuyamos a que la gestión de los desechos radiactivos sea más segura, garantizando que a la tecnología se le dé el lugar que justamente le corresponde en las decisiones que adopte nuestra sociedad. □

PROTECCION RADIOLOGICA

RECOMENDACIONES SOBRE LA GESTION DE DESECHOS RADIACTIVOS DE LA COMISION INTERNACIONAL DE PROTECCION RADIOLOGICA

POR ROGER H. CLARKE

En la Publicación 60 figura una política de protección radiológica que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) formuló hace poco más de un decenio. El propósito principal de esa política es normalizar adecuadamente la protección de las personas sin limitar indebidamente las prácticas beneficiosas que ocasionan exposición a las radiaciones.

Esas prácticas beneficiosas pueden generar desechos radiactivos. La *Publicación 77, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste*, contiene la política de la Comisión en relación con la disposición final de desechos radiactivos de todo tipo. Conforme a las recomendaciones de la Comisión, desecho es cualquier material que será, o ha sido eliminado por no tener otros usos. Los *desechos* incluyen efluentes líquidos y gaseosos, y también materiales sólidos como los residuos provenientes de procesos. El almacenamiento de desechos es la retención temporal de materiales de desecho. La *disposición final* consiste en eliminar los desechos sin tener la intención de recuperarlos. El término *disposición final* abarca la descarga de efluentes y la eliminación de desechos sólidos. Por *gestión de desechos* se entiende toda la secuencia de operaciones que comienza con la generación de desechos y termina con su disposición final.

Las estrategias para la disposición final de los desechos pueden dividirse en dos enfoques conceptuales: "diluir

y dispersar" o "concentrar y retener". Las liberaciones tempranas o aplazadas de radionucleidos al medio ambiente serían el resultado inevitable de cualquiera de esas dos estrategias y, por tanto, la ausencia de liberaciones no es un objetivo factible. Las dos estrategias se aplican de forma generalizada y no se excluyen mutuamente. La posibilidad de exposiciones elevadas debidas a sucesos negativos es una consecuencia inevitable de la decisión de concentrar los desechos en una instalación de disposición final en vez de diluirlos o dispersarlos.

El sistema de protección de la Comisión está directamente relacionado con la estrategia de "diluir y dispersar". Las exposiciones se calculan con vistas a controlar adecuadamente la fuente de exposición y se tienen en cuenta las características y los hábitos de los individuos y las poblaciones expuestas. Además, en esas situaciones es posible verificar en una gran medida, si la protección se logra midiendo las liberaciones al medio ambiente y tomando medidas en caso de emisiones inesperadas.

En el caso de la disposición final de desechos radiactivos sólidos de período largo aplicando la estrategia de

concentrar y retener, el principal problema de protección concierne a la exposición que pueda ocurrir o no en un futuro lejano, es decir, una situación de exposición potencial. Un sistema de disposición final eficaz retendrá los desechos durante el período de mayor peligro y sólo los radionucleidos residuales penetrarán en el medio ambiente en un futuro lejano. Cualquier estimación correspondiente de las dosis que reciban los individuos y las poblaciones tendrá incertidumbres conexas crecientes en función del tiempo, debido al conocimiento incompleto del futuro comportamiento del sistema de disposición final, de las condiciones geológicas y de la biosfera y de los hábitos y características de los seres humanos. No obstante, el sistema de protección de la Comisión puede aplicarse a la disposición final de los desechos radiactivos de período largo.

La *Publicación 81, Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste*, trata de la protección radiológica de los miembros del público después de la disposición final de desechos radiactivos sólidos de período largo aplicando la estrategia de concentrar y retener. Abarca opciones que incluyen el enterramiento a poca

Roger Clarke es Presidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y es Director de la Junta Nacional Británica de Protección Radiológica. Además, es el Representante del Reino Unido ante el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y Profesor visitante en el Imperial College, de la Universidad de Londres y en la Universidad de Surrey.

profundidad y la disposición final geológica en profundidad. Las recomendaciones se aplican a las nuevas instalaciones de disposición final donde existe la oportunidad de ponerlas en práctica durante las etapas de selección, diseño, construcción y explotación de la instalación; y también deben tenerse en cuenta al justificar las decisiones relativas a prácticas que generan desechos. Además, en la *Publicación 82, Principles for the Protection of the Public in Situations of Prolonged Exposure*, la Comisión incluye las recomendaciones para hacer frente a los residuos radiactivos de período largo que ya están en el medio ambiente, provenientes, por ejemplo, de prácticas anteriores no reguladas.

Evaluación radiológica. En la evaluación radiológica de un sistema de disposición final de desechos radiactivos sólidos deben considerarse las diversas posibilidades de exposición humana. Los procesos que podrían provocar exposición humana tienen que determinarse atendiendo a cada emplazamiento específico. Algunos procesos naturales pueden traer como consecuencia la liberación gradual de radionucleidos al medio ambiente. Un ejemplo típico de ello es la paulatina degradación de los recipientes de desechos debido a la corrosión y la consiguiente liberación de radionucleidos. Los procesos naturales posteriores que podrían provocar la exposición humana pueden incluir el transporte de radionucleidos por las aguas subterráneas y los procesos conexos de sorción, difusión y dispersión. Otros procesos naturales, menos probables, pueden perturbar o afectar de otro modo el comportamiento del sistema de disposición final, por ejemplo, los sucesos sísmicos y la congelación.

Las futuras acciones humanas también pueden perturbar un

sistema de disposición final de desechos. La acción humana que afecte la integridad de los repositorios y que pueda tener consecuencias radiológicas se denomina intrusión humana. Las consecuencias de una intrusión deliberada son, en primer lugar, responsabilidad de quien lleve a cabo la intrusión. También existe la posibilidad de intrusión humana involuntaria cuando se desconoce la existencia del sistema de disposición final, es decir, acciones que sean realizadas inconscientemente por alguien que perturba el sistema. Esas acciones incluyen la perforación accidental de un repositorio profundo y la construcción involuntaria sobre un repositorio a poca profundidad. Esas acciones involuntarias son el principal problema de intrusión humana a largo plazo; aquí, el término intrusión humana se refiere a la intrusión involuntaria.

Las cantidades dosimétricas utilizadas por la Comisión se determinan en la *Publicación 60*. (En el presente artículo el término dosis significa la dosis efectiva.) La cantidad que indica tanto la dosis como el número de personas es la dosis colectiva, dada por el producto de la dosis media recibida por un grupo expuesto y el número de individuos que integra el grupo. No obstante, en el párrafo 58 de la *Publicación 77*, la Comisión reconoce los problemas que plantea calcular la dosis colectiva con respecto a largos períodos en el futuro cuando manifiesta que tanto las dosis individuales como el tamaño de la población expuesta se vuelven cada vez más inciertos a medida que el tiempo aumenta. Además, es posible que los actuales criterios sobre la relación que existe entre dosis y perjuicio no sean válidos para las poblaciones futuras... se deben examinar críticamente los pronósticos de dosis colectiva con respecto a períodos de más

de varios miles de años y los pronósticos de perjuicio para la salud con respecto a períodos de más de varios cientos de años.

Justificación de una práctica. Las operaciones de gestión y disposición final de desechos forman parte integrante de la práctica que genera desechos. Es desacertado considerarlas como una práctica independiente, que necesita su propia justificación. Por tanto, esas operaciones deben incluirse en la evaluación de la justificación de esa práctica. Si la política nacional de disposición final de desechos cambia y la práctica se mantiene, tal vez sea necesario volver a evaluar la justificación de la práctica. Si la práctica deja de aplicarse, es la intervención y no la práctica la que hay que analizar a los fines de la justificación.

Optimización de la protección. En general, se considera que la dosis efectiva colectiva total (integrada) es el principal factor de la optimización de la protección. Sin embargo, en el caso de la disposición final de desechos sólidos, el uso de la dosis colectiva dista de ser lo ideal. La optimización de la protección ha llegado a relacionarse demasiado estrechamente con la dosis colectiva, el uso del análisis costo-beneficio y otros procedimientos cuantitativos. Los malentendidos respecto del uso de la dosis colectiva, sin restricciones en tiempo y espacio, motivaron el mal uso de recursos. En relación con distancias y períodos largos, las estimaciones de las dosis individuales y colectivas no son fiables, en parte debido a las incertidumbres en las técnicas de elaboración de modelos. En cuanto a las evaluaciones de los efluentes, las dosis colectivas deben utilizarse con gran cautela y presentarse a los responsables de adoptar las decisiones en bloques desglosados de dosis

individuales y en el momento en que se reciban.

La optimización de la protección encierra el sentido amplio de hacer todo lo que sea razonable para reducir las dosis. Ahora, la Comisión pone énfasis mayormente en las especificaciones cualitativas de la optimización de la protección. La función básica del concepto de optimización de la protección es lograr que cada uno de los responsables de limitar la exposición a las radiaciones siempre tenga en mente la siguiente pregunta: "¿He hecho todo lo que razonablemente puedo para reducir esas dosis de radiación?" De ahí que la política de la Comisión respecto a la optimización se fundamente en una apreciación personal. En esencia, esa política se resume en el párrafo 117 de la *Publicación 60* donde se dice que si el siguiente paso en la reducción del perjuicio puede darse solamente con una distribución de recursos que no concuerda para nada con la consiguiente reducción, no es de interés para la sociedad dar ese paso.

Protección de las futuras generaciones. El objetivo de proteger a las futuras generaciones, por lo menos, al mismo nivel que el de la actual generación, implica el uso, como indicadores de las actuales dosis cuantitativas y las restricciones de los riesgos derivadas del análisis de los perjuicios para la salud conexos. En la *Publicación 77* se dice que las dosis y los riesgos, como medidas de los perjuicios para la salud, no pueden pronosticarse con certeza respecto a futuros períodos de más de unos cuantos cientos de años. En cambio, en una prueba pueden hacerse estimaciones de las dosis o los riesgos respecto a períodos más largos, y compararlas con criterios adecuados a fin de dar un indicio de la aceptabilidad del repositorio a la luz de lo que

actualmente se conoce del sistema de disposición final.

Dichas estimaciones no pueden considerarse como predicciones del perjuicio futuro para la salud.

No puede suponerse que las futuras generaciones tendrán conocimiento de las disposiciones finales realizadas por la actual generación. Por tanto, la protección de las futuras generaciones contra la disposición final de desechos radiactivos debe lograrse fundamentalmente mediante la adopción de medidas pasivas durante la etapa de desarrollo del repositorio, y no debe depender demasiado de las medidas activas que se tomen en el futuro. No obstante, la Comisión reconoce que los controles institucionales que se mantengan en una instalación de esa clase después de la clausura pueden aumentar la confianza en la seguridad de la instalación, particularmente porque reducen la probabilidad de intrusión. La Comisión considera que no hay razón que explique el porqué esos controles no puedan mantenerse durante períodos prolongados ni puedan, por tanto, hacer una significativa contribución a la seguridad radiológica general de las instalaciones de disposición final a poca profundidad en particular. Además, para la disposición final de las colas del tratamiento del uranio en la superficie o cerca de la superficie, puede dependerse de esos controles durante largos períodos en situaciones en las que, si los controles fallan, las consecuencias serán generalmente menores que las de otros desechos radiactivos de período largo.

Procesos naturales e intrusión humana. Deben considerarse dos amplias categorías de situaciones con riesgo de exposición: los procesos naturales y la intrusión humana. La segunda solamente se refiere a la intrusión involuntaria. Las implicaciones

radiológicas de la intrusión deliberada en un repositorio son responsabilidad de quien realiza las intrusiones. Las dosis o riesgos evaluados emanados de los procesos naturales deben compararse con la restricción máxima recomendada por la CIPR de 0,3 mSv anual o su riesgo equivalente de aproximadamente 10^{-5} por año. Con respecto a la intrusión humana, deben examinarse las consecuencias de uno o más posibles escenarios estilizados con vistas a evaluar la resistencia del repositorio a dichos sucesos.

La Comisión considera que cuando la intrusión humana puede resultar en dosis suficientemente altas que casi siempre justificarían una intervención sobre la base de los criterios actuales, en la etapa de desarrollo del repositorio deben hacerse esfuerzos razonables para reducir la probabilidad de intrusión humana o limitar sus consecuencias. Al respecto, la Comisión previamente recomendó que puede utilizarse la dosis anual existente de unos 10 mSv como nivel de referencia genérico, por debajo del cual no siempre es probable que la intervención esté justificada. A la inversa, la dosis anual existente de alrededor de 100 mSv anuales puede utilizarse como nivel de referencia genérico, por encima del cual la intervención debe considerarse casi siempre justificada. Se aplican consideraciones similares cuando se sobrepasan los umbrales de los efectos deterministas en órganos importantes.

Según la Comisión, si se toman medidas razonables para satisfacer la restricción de los procesos naturales y para reducir la probabilidad o las consecuencias de la intrusión humana involuntaria, y se aplican principios técnicos y de gestión, entonces los requisitos de protección radiológica pueden considerarse cumplidos. □

REGIMEN JURIDICO INTERNACIONAL EN EXPANSION

PROTECCION AMBIENTAL Y GESTION DE DESECHOS RADIACTIVOS

POR GORDON LINSLEY Y WOLFRAM TONHAUSER

La segunda mitad del siglo XX ha contribuido al aumento de la conciencia respecto de las formas en que el medio humano se torna frágil y vulnerable ante los daños ocasionados por la contaminación. Como todas las naciones comparten algunas partes del medio humano, por ejemplo, la atmósfera y los océanos, los controles o medidas de protección ambiental deben aplicarse a nivel mundial para que resulten eficaces. Este criterio ha conducido a la formulación de varios principios y compromisos jurídicos internacionales encaminados a preservar el medio humano. Algunos de esos principios y compromisos se han aplicado en el control de los contaminantes ambientales, incluidos los desechos radiactivos.

En este contexto cabe destacar en particular algunos principios del derecho ambiental internacional:

■ Un principio establecido es que los Estados deben tomar medidas adecuadas para controlar y regular las fuentes que ocasionan una grave contaminación ambiental o daño transfronterizo a nivel mundial dentro de sus territorios o los territorios sujetos a su jurisdicción. Este principio se enunció por primera vez en el *Arbitraje de la Fundición de Trail* de 1941, concertado entre el Canadá y los Estados Unidos, donde se decidió que el Canadá era responsable de los daños ocasionados por los gases emanados de la fundición de cobre que traspasaron la frontera con los Estados Unidos. El principio fue confirmado

posteriormente durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en, 1972, donde los Estados declararon que tenían la responsabilidad de respetar el medio ambiente de otros Estados. En términos más específicos, según la sección 21 de dicha declaración, los Estados tienen la responsabilidad de velar por que las actividades que se realicen dentro de su jurisdicción o bajo su control no dañen el medio ambiente de otros Estados o de zonas fuera de los límites. Entretanto, este llamado principio de "no daño" ha trascendido la tradicional responsabilidad *ex post facto* de los Estados. Ahora es un principio de prevención y control diligentes, el llamado "enfoque basado en el principio de precaución".

■ El segundo principio es que los Estados deben cooperar entre sí para mitigar los riesgos ambientales transfronterizos. Este principio se remonta al *Arbitraje Lac Lanoux de 1954*, concertado entre Francia y España, en el que el Tribunal sostuvo que Francia había cumplido con las obligaciones que había contraído en virtud de un tratado y del derecho consuetudinario de consultar y negociar de buena fe antes de desviar un curso de agua compartido con España.

■ Es importante destacar otros dos principios: el principio de "quien contamina paga" y el principio de igual acceso y no discriminación en el tratamiento de los efectos nacionales y los transfronterizos de actividades contaminantes. Forman parte de los adelantos cada vez más significativos que se producen en el derecho ambiental.

Todos esos principios se aplican a la ejecución de las actividades nucleares y, de una u otra forma, se reflejan en instrumentos relacionados con la seguridad nuclear, como la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Con todo, la comunidad internacional ha procurado proteger a los seres humanos y al medio ambiente de los efectos nocivos de los desechos radiactivos en varios otros compromisos internacionales que especifican más a fondo, o incluso trascienden los principios establecidos en virtud del derecho ambiental internacional.

En el presente artículo se examina el marco jurídico en expansión para la protección del medio humano contra los posibles efectos nocivos de los desechos peligrosos y radiactivos. Se describen brevemente los principales compromisos internacionales y regionales y se analizan nuevas cuestiones

El Sr. Linsley es Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA, y el Sr. Tonhauser es funcionario jurídico de la División Jurídica del Organismo. Los autores reconocen y agradecen la colaboración de la Sra. Nathalie von Taaffe y la Sra. Theresa Chung, que realizan pasantías en la División Jurídica.

y direcciones futuras que pueden seguir ampliando y aumentando la eficacia del régimen.

PRINCIPALES COMPROMISOS INTERNACIONALES

Convenio de Londres. Durante muchos años los océanos se utilizaron para la disposición final de los desechos industriales, incluidos los desechos radiactivos. En el decenio de 1970, la práctica fue supeditada a un convenio internacional que tenía el objetivo de regularizar los procedimientos y prevenir actividades que pudiesen conducir a la contaminación del mar.

Tras la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo, en 1972, se estableció el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres de 1972, anteriormente conocido como el Convenio de Londres sobre Vertimiento de Desechos), que entró en vigor en 1975. El Convenio de Londres prohíbe y regula la disposición final de contaminantes radiactivos en el medio marino. Entre las características sobresalientes del Convenio de Londres cabe señalar la disposición relativa a las normas mínimas internacionales y el establecimiento de un foro internacional (la Reunión Consultiva del Convenio de Londres) para supervisar el vertimiento.

Para la regulación de los materiales que han de vertirse en el medio marino, se establecieron la lista "negra" y la lista "gris". Se prohíbe la disposición final de las sustancias que figuran en la lista "negra" (Anexo I del Convenio) excepto en cantidades muy pequeñas. Las sustancias que se incluyen en la lista "gris" (Anexo II del

Convenio) fueron supeditadas a medidas de "especial atención", a fin de garantizar que su disposición final --que tenía que llevarse a cabo según las disposiciones de un "permiso especial"-- no tenga efectos negativos para el medio marino.

Los desechos de alto nivel radiactivo fueron incluidos en la lista "negra". Al OIEA --reconocido por las Partes Contratantes en el Convenio de Londres como el órgano internacional competente en materia de disposición final de desechos radiactivos y protección radiológica-- se le confió la responsabilidad de definir los desechos de alto nivel radiactivo que eran inapropiados para ser vertidos en el mar.

Los desechos radiactivos y otros materiales que no figuraban en la lista "negra" (desechos de actividad baja e intermedia) fueron incluidos en la lista "gris". En la expedición de permisos especiales para el vertimiento de esos tipos de desechos radiactivos, se indicó a los países que tomaran plenamente en cuenta las recomendaciones del OIEA.

A principios del decenio de 1980, muchas de las Partes Contratantes en el Convenio de Londres sentían inquietud creciente respecto de la práctica en curso de verter desechos radiactivos de actividad baja en el mar. Eso condujo a que en la Reunión Consultiva del Convenio de 1983 se formulara la propuesta de prohibir todo vertimiento de desechos radiactivos en el mar. Después de someterla a votación, la reunión adoptó una moratoria voluntaria al vertimiento de todo tipo de desecho radiactivo en el mar hasta que se examinara la inocuidad de la práctica, y ello sería realizado por un grupo independiente de expertos científicos.

La Reunión Consultiva de las Partes Contratantes efectuada

en noviembre de 1993 se caracterizó por un amplio debate exacerbado por los informes presentados acerca del vertimiento ilícito de desechos radiactivos líquidos en el Mar del Japón, en octubre de 1993. La reunión adoptó, por mayoría, la decisión de prohibir el vertimiento de todo tipo de desecho radiactivo, que entraría en vigor el 20 de febrero de 1994. La reunión también adoptó la decisión de prohibir el vertimiento de desechos industriales, que entraría en vigor el 1º de enero de 1996.

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS). Después de prohibirse la disposición final de desechos industriales sólidos y desechos radiactivos en los océanos, la única vía que queda para que los desechos puedan entrar legalmente en el medio marino es la descarga de efluentes en ríos y desde lugares costeros.

El derecho internacional, como reflejan las disposiciones de la UNCLOS y de otros instrumentos, establece los derechos y las obligaciones de los Estados y es el fundamento a nivel internacional que permite procurar la protección y el desarrollo sostenible del medio marino y costero y de sus recursos. Conforme al derecho internacional general, si bien los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus recursos naturales con arreglo a sus políticas ambientales, el goce de esos derechos deberá ajustarse, entre otras cosas, a las disposiciones pertinentes de la UNCLOS.

En la práctica, eso significa que si bien las descargas de desechos en el medio marino pueden tener lugar, los Estados que gozan de los beneficios de tener derechos soberanos sobre los recursos vivos y no vivos dentro de los límites de una zona económica

exclusiva y de una plataforma continental también tienen el correspondiente deber de proteger y preservar el medio marino en esas zonas.

Las Directrices de Montreal. Las Directrices de Montreal para la protección del medio marino contra la contaminación procedente de fuentes terrestres (1985) es un instrumento no vinculante, redactado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Las Directrices son una "lista de verificación" para la formulación de acuerdos bilaterales, regionales y multilaterales, y de la legislación nacional. Son los principales documentos internacionales referentes a este tema, aunque también están comprendidas dentro del ámbito de diversos instrumentos regionales. Reconociendo la posible sensibilidad de los medios costeros a los contaminantes, las Directrices de Montreal recomiendan que debe eliminarse la contaminación, es decir, la introducción por parte de los seres humanos de sustancias en el medio marino procedentes de fuentes terrestres, que probablemente ocasionen daños a los recursos vivos y a los ecosistemas marinos y sean peligrosos para la sanidad humana.

Las Directrices permiten la descarga de pequeñas cantidades de sustancias nocivas siempre que la descarga no provoque "contaminación". Las directrices no tienen categoría de instrumento internacional, sino de recomendaciones a los gobiernos.

La Declaración de Río. En 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) reafirmó el deber de los Estados de proteger el medio marino. La Conferencia aprobó tres documentos por consenso: la Declaración de Río

sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que es una declaración de 27 principios; el "Programa 21", que es un documento de 800 páginas que establece objetivos y actividades dentro de 40 áreas de programas y que refleja un consenso global al más alto nivel; y la "declaración autorizada, sin fuerza jurídica obligatoria, de principios para un consenso mundial respecto de la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques de todo tipo".

El Capítulo 22 del Programa 21 aborda específicamente la gestión inocua y ecológicamente racional de los desechos radiactivos. Se pide a los Estados que apoyen los esfuerzos realizados dentro del OIEA para elaborar y promulgar normas o directrices y códigos de práctica sobre los desechos radiactivos como base internacionalmente aceptada para la gestión y la eliminación inocuas y ecológicamente racionales de los desechos radiactivos. Deberá promoverse la adopción de medidas y políticas prácticas para reducir al mínimo y limitar, cuando proceda, la generación de desechos radiactivos; deberá preverse el tratamiento, el acondicionamiento, el transporte y la eliminación inocuos de tales desechos; y deberán promoverse prácticas inocuas facilitando la transferencia de las tecnologías pertinentes a los países en desarrollo o la devolución al abastecedor de las fuentes de radiación después de su uso, de conformidad con las reglamentaciones o directrices internacionales pertinentes.

El Programa de Acción Mundial (PAM). En una conferencia intergubernamental patrocinada por el PNUMA, en 1995, se estableció un Programa de Acción Mundial (PAM) para la protección del medio marino frente a las

actividades realizadas en tierra. El PAM se concibió como fuente de orientación conceptual y práctica para uso de las autoridades nacionales y/o regionales en la formulación y ejecución de medidas sostenidas para prevenir, reducir, controlar y/o eliminar la degradación marina debida a las actividades realizadas en tierra. Para facilitar la aplicación del PAM, se propuso el establecimiento de un servicio de intercambio de información encaminado a divulgar la información pertinente, la experiencia práctica y los conocimientos especializados científicos y técnicos relacionados con la elaboración y la aplicación de estrategias para encarar los efectos de las actividades realizadas en tierra. Se ha seleccionado al OIEA como la organización internacional rectora para desarrollar el servicio de intercambio de información en relación con las sustancias radiactivas.

La Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. El principal compromiso jurídico internacional entre los Estados interesados en la gestión segura de los desechos radiactivos y, por ende, en la protección de las personas y del medio ambiente de sus posibles efectos, es la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, que fue aprobada y abierta a la firma en 1997. Hasta julio de 2000 había sido firmada por unos 40 Estados, pero aún no ha sido ratificada por suficientes Estados para que entre en vigor.

Los objetivos de la Convención conjunta son:
 ■ Lograr y mantener en todo el mundo un alto grado de seguridad en la gestión del

combustible gastado y de los desechos radiactivos mediante la mejora de las medidas nacionales y de la cooperación internacional, incluida, cuando proceda, la cooperación técnica relacionada con la seguridad;

- Asegurar que en todas las etapas de la gestión del combustible gastado y de desechos radiactivos haya medidas eficaces contra los riesgos potenciales, a fin de proteger a las personas, a la sociedad y al medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante, actualmente y en el futuro, de manera que se satisfagan las necesidades y aspiraciones de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades y aspiraciones;
- Prevenir los accidentes con consecuencias radiológicas y mitigar sus consecuencias en caso de que se produjesen durante cualquier etapa de la gestión de combustible gastado o de desechos radiactivos.

En el Artículo 3 se define el ámbito de la Convención conjunta. La Convención se aplicará a la seguridad en la gestión del combustible gastado cuando el combustible gastado provenga de la operación de reactores nucleares para usos civiles. Ahora bien, el combustible gastado que se encuentre situado en instalaciones de reprocesamiento como parte de una actividad de reprocesamiento no entra en el ámbito de esta Convención, a no ser que la Parte Contratante declare que el reprocesamiento es parte de la gestión de combustible gastado. La Convención conjunta se aplicará también a la seguridad en la gestión de desechos radiactivos cuando los desechos radiactivos provengan de aplicaciones civiles.

Sin embargo, la Convención conjunta no se aplicará a los desechos que contengan

solamente materiales radiactivos naturales y que no se originen en el ciclo del combustible nuclear, a menos que estén constituidos por fuentes selladas en desuso o que la Parte Contratante los defina como desechos radiactivos para los fines de la Convención conjunta. Además, la Convención conjunta no se aplicará a la seguridad en la gestión de combustible gastado o desechos radiactivos que formen parte de programas militares o de defensa, a menos que la Parte Contratante los defina como combustible gastado o desechos radiactivos para los fines de la Convención conjunta. No obstante, la Convención conjunta se aplicará a la seguridad en la gestión del combustible gastado y de desechos radiactivos derivados de programas militares o de defensa, cuando dichos materiales se transfieran permanentemente a, y se gestionen en programas exclusivamente civiles. La Convención también se aplicará a las descargas.

Los principales artículos de la Convención conjunta que abordan la seguridad en la gestión del combustible gastado y la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos se basan en los *Principios para la gestión de desechos radiactivos* de las Nociones fundamentales de seguridad del OIEA (1995). Los artículos sobre disposiciones generales de seguridad de la Convención conjunta concuerdan con las recomendaciones de las Normas de Seguridad del OIEA pertinentes y en especial con las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación* (1996). Los requisitos que permiten garantizar el movimiento transfronterizo seguro del combustible gastado y los desechos radiactivos y la

seguridad de las fuentes selladas en desuso son el tema de dos artículos: los Artículos 27 y 28 de la Convención conjunta.

ACUERDOS REGIONALES IMPORTANTES

El Tratado Antártico. Aunque aún no existe ningún instrumento general internacional en esta esfera, el Tratado Antártico es un acuerdo regional importante para aclarar la responsabilidad del mundo en lo que respecta a proteger el medio ambiente de los efectos nocivos de los desechos radiactivos. Firmado en 1959, el objetivo del tratado es utilizar la Antártida exclusivamente con fines pacíficos y promover la cooperación internacional en la investigación científica en esta zona. En cuanto a los desechos radiactivos, el tratado prohíbe la disposición final de dichos desechos en la Antártida.

El Convenio para la protección del medio marino del Atlántico nordeste (el Convenio OSPAR). Este convenio regional, que entró en vigor en 1998, compromete a sus Partes Contratantes a tomar todas las medidas posibles para prevenir y eliminar la contaminación del medio marino del Atlántico nordeste mediante la aplicación del enfoque basado en el principio de la precaución y de las mejores tecnologías y prácticas ambientales.

La Declaración Ministerial de Sintra de las Partes Contratantes en el Convenio OSPAR, de mayo de 1998, representa un compromiso con las reducciones progresivas y sustanciales de las descargas, emisiones y pérdidas de sustancias radiactivas, con el objetivo final de tener concentraciones en el medio ambiente cercanas a los valores de radiación de fondo en el caso de las sustancias radiactivas naturales y cercanas a cero en el de las sustancias radiactivas

artificiales. Se han fijado objetivos similares en cuanto a las sustancias químicas sintéticas de carácter peligroso.

Cabe señalar que esos requisitos trascienden los contenidos en los documentos de las Normas de Seguridad del OIEA. Los requisitos del OIEA se basan en las normas internacionales de protección radiológica y establecen que las descargas se limiten, a fin de asegurar que la exposición a las radiaciones del grupo del público más expuesto sea lo más baja que razonablemente pueda alcanzarse dentro de los límites de dosis.

Otros compromisos regionales. Además del Tratado Antártico y el Convenio OSPAR, existen diversos acuerdos regionales, en la esfera de la protección humana y ambiental para encarar los efectos nocivos de los desechos radiactivos. Por ejemplo, las disposiciones relativas a la protección del medio marino contra los desechos radiactivos pueden encontrarse en el *Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste* y protocolos subsiguientes, de 1981; el *Convenio para la conservación del Mar Rojo y del Golfo de Adén*, de 1982; el *Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino en la región del Gran Caribe*, de 1986; el *Convenio para la protección de los recursos naturales y el medio ambiente en la región del Pacífico Sur*, de 1986; el *Convenio sobre la protección del medio marino de la zona del Mar Báltico*, de 1992; y el *Convenio sobre la protección del Mar Negro contra la contaminación*, de 1992.

Además, algunos acuerdos regionales sobre zonas libres de armas nucleares --como el *Tratado de Pelindaba*, el *Tratado de Rarotonga* y la *Convención de Waigani*-- contienen disposiciones contra

el vertimiento de desechos radiactivos en esas zonas.

OTROS INSTRUMENTOS CONEXOS

Algunos otros instrumentos no son aplicables directamente a los desechos radiactivos, pero tienen consecuencias para su gestión; a saber: la **Convención sobre la evaluación de los efectos en el medio ambiente en un contexto transfronterizo (la Convención de Espoo)**. Esta es una convención regional auspiciada por la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas, que entró en vigor en 1991. Las Partes Contratantes en la Convención de Espoo se comprometen a establecer un procedimiento para la evaluación del impacto en el medio ambiente (EIA) en relación con las actividades que probablemente tengan efectos transfronterizos negativos significativos. Esa EIA deberá realizarse antes de adoptar la decisión de autorizar o iniciar una actividad propuesta que probablemente tenga efectos transfronterizos negativos significativos. La parte de origen dará al público de las zonas que probablemente sean afectadas la oportunidad de participar en los procedimientos de EIA pertinentes, relativos a las actividades propuestas, estén dichas zonas fuera o dentro del territorio de la parte de origen. Esos procedimientos de EIA se emprenderán, a modo de requisito mínimo, a nivel de proyecto de la actividad propuesta. En la medida en que sea pertinente, las partes tratarán de aplicar los principios de la EIA a las políticas, planes y programas.

En el Artículo 3 de la Convención figura una lista de las actividades propuestas respecto de las cuales la Parte Contratante notificará a

cualquier otra Parte Contratante que considere que puede verse afectada por la actividad propuesta. La lista incluye diversos tipos de instalaciones nucleares, como las establecidas con fines de procesamiento, almacenamiento o disposición final de desechos radiactivos.

La **Convención sobre el acceso a la información, la participación en la adopción de decisiones y el acceso a la justicia en cuestiones ambientales (la Convención de Aarhus)**.

Esta es otra convención regional de la CEPE de las Naciones Unidas, que entró en vigor en 1998. En virtud de ella, las Partes Contratantes, entre otras cosas, se comprometen a facilitar el acceso a la información y la participación en la adopción de decisiones sobre cuestiones ambientales. El Artículo 6 de la Convención define las actividades propuestas en las que se permitirá la participación del público en la adopción de decisiones. La lista de actividades incluye instalaciones destinadas al procesamiento, el almacenamiento o la disposición final del combustible nuclear irradiado o de los desechos radiactivos.

TEMAS Y DIRECCIONES FUTUROS

Al evaluar la eficacia de los instrumentos internacionales brevemente reseñados en el presente artículo, debe tenerse en cuenta que algunos de estos compromisos no tienen carácter obligatorio y que otros, aunque son jurídicamente vinculantes, no cuentan con un mecanismo estricto para sancionar el incumplimiento. Esos instrumentos funcionan más bien mediante la aplicación de "presiones por parte de miembros de su mismo grupo", usualmente en las reuniones

de examen de las Partes Contratantes.

El grupo de instrumentos reseñados en el presente artículo demuestra la eficacia del procedimiento. El Convenio de Londres de 1972 contribuyó a que se impusieran controles cada vez más restrictivos sobre la disposición final de materiales potencialmente contaminantes en el mar, lo que culminó en la prohibición del vertimiento de todos los tipos de desechos industriales y radiactivos. El Convenio OSPAR ha establecido nuevas normas para el control de las descargas costeras mediante sus requisitos, que fijan concentraciones de radionucleidos naturales cercanas a los niveles de radiación de fondo y de los radionucleidos artificiales cercanos a cero.

Al mismo tiempo, otros instrumentos, aunque no aplicables a los desechos radiactivos, han establecido una tendencia general en materia de protección ambiental. En el presente artículo se señalan dos de esos instrumentos: el *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*, aprobado en marzo de 1989, y el *Convenio de Rotterdam para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Informado previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional*, aprobado en 1998. Ambos convenios establecen un mecanismo de control para el movimiento transfronterizo de materiales peligrosos:

Mediante un mecanismo que controla el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, el *Convenio de Basilea* vigila y previene el tráfico ilícito, proporciona asistencia para la gestión ecológicamente racional

de los desechos peligrosos, promueve la cooperación entre las partes interesadas en la esfera y supervisa la elaboración de Directrices Técnicas estrictas para la gestión de los desechos peligrosos.

El *Convenio de Rotterdam* se basa en el "procedimiento de consentimiento informado previo" --es decir, un procedimiento para oficialmente obtener y difundir las decisiones que los países importadores han adoptado, respecto a si desean recibir embarques futuros de determinados materiales peligrosos, con lo que se extiende a todos los países la posibilidad de protegerse efectivamente contra los riesgos de sustancias peligrosas.

En diversos foros del OIEA se han analizado esos temas en relación con las fuentes radiactivas y, más específicamente, con los desechos radiactivos. Los esfuerzos desplegados en ese sentido se reflejan en el Código de Práctica del OIEA sobre movimientos internacionales transfronterizos de desechos radiactivos --que, por ejemplo, exige la notificación y el consentimiento previos de los Estados de origen, de destino y de tránsito-- y, posteriormente, en el Artículo 27 de la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Con todo, los debates en torno a si ampliar o no este tema están en estos momentos estancados por diversas razones. Por consiguiente, el problema sigue siendo, si los Estados consideran que deben hacerse más esfuerzos en esta dirección para efectivamente promover las normas mundiales encaminadas a proteger la sanidad humana y el medio ambiente contra los desechos radiactivos.

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

El OIEA es una de las dos organizaciones mundiales del sistema de las Naciones Unidas que tienen responsabilidades clave en la protección del medio ambiente en las esferas de la gestión de desechos.

Funciones del OIEA. Establecido en 1957, el OIEA tiene el objetivo de acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero. En el contexto de los desechos radiactivos, el OIEA tiene la obligación estatutaria de establecer normas para la protección de la salud, entre otras cosas, contra la exposición a las radiaciones procedentes de desechos radiactivos y de proveer a la aplicación de esas normas. El OIEA asesora a las Partes Contratantes en el Convenio de Londres de 1972, en cuestiones relacionadas con la prevención de la contaminación marina, debida al vertimiento de desechos radiactivos. Se ha seleccionado al Organismo como la principal organización internacional para crear el servicio de intercambio de información para las sustancias radiactivas en virtud de diversos instrumentos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Establecido por resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1972, el PNUMA participa activamente por conducto de muchos programas en la vigilancia de los problemas ambientales de interés mundial, y en la coordinación de la cooperación internacional para encarar esos problemas. Sin bien financia programas de protección ambiental con sus propios medios, el PNUMA actúa principalmente de coordinador y de centro de intercambio de información, apoyando los esfuerzos de los Estados por mitigar la mayoría de las amenazas ambientales específicas. Una de sus contribuciones principales al control de los desechos radiactivos es el Programa de Acción Mundial (PAM).

Esta breve reseña muestra que se progresa en el control de las descargas de materiales peligrosos en el medio marino. Queda por ver si el régimen de control estricto para las descargas costeras impuesto en el marco del Convenio regional OSPAR se extenderá a nivel mundial como se hizo en relación con el vertimiento de materiales peligrosos en el mar.



ACTUALIZACION DE LAS RADWASS

PROGRAMA DE NORMAS DE SEGURIDAD PARA LA GESTION DE DESECHOS RADIACTIVOS

POR DOMINIQUE DELATTRE

Poco después de la creación del OIEA, en 1957, la gestión de desechos radiactivos se convirtió en un componente importante de los programas del Organismo. Durante años, en la Colección Seguridad del OIEA se han puesto en circulación muchas publicaciones que versan sobre todos los aspectos del tema.

A fines de los años ochenta, el tema de los desechos radiactivos y su gestión iba cobrando creciente importancia política. En atención a eso, el OIEA estableció un conjunto de normas de seguridad que tuvieron amplia divulgación: las Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS). De esa forma, el Organismo se propuso destacar el hecho de que ya se aplicaban procedimientos bien definidos para la gestión segura de desechos radiactivos. El objetivo del programa era ordenar estructuralmente los documentos de seguridad sobre gestión de desechos y asegurar la amplia difusión de todas las esferas temáticas pertinentes.

En 1996, el programa RADWASS fue modificado con el objetivo de ampliar su alcance, poniéndose un nuevo énfasis en las descargas y la restauración del medio ambiente, y de reducir el número de documentos mediante la combinación de algunas de las Guías de seguridad planificadas con anterioridad. En el presente artículo se ofrece información actualizada sobre el programa RADWASS y sobre las actividades previstas.

Categorías temáticas. Los documentos RADWASS se clasifican en cuatro esferas temáticas: descargas, disposición final previa, disposición final y restauración del medio ambiente. El programa se supervisa mediante un mecanismo de examen y aprobación formalizado, creado en 1996 para todas las actividades relativas a las normas de seguridad. El Comité sobre Normas de Seguridad para la Gestión de Desechos (WASSC) es un órgano permanente compuesto por funcionarios de categoría superior encargados de la reglamentación, con conocimientos técnicos especializados en materia de seguridad de los desechos radiactivos.

SITUACION DEL PROGRAMA RADWASS

El documento rector del RADWASS en la categoría de Nociones fundamentales de seguridad --*Principios para la gestión de desechos radiactivos*-- se publicó como documento No. 111-F de la Colección Seguridad en 1995. Este documento establece los principios y conceptos básicos de la gestión segura de desechos radiactivos. En la Colección Seguridad existen otros dos volúmenes de Nociones fundamentales, que están relacionados con la seguridad de las instalaciones nucleares, la protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación. En atención a sugerencias formuladas en la Junta de Gobernadores del OIEA, las tres publicaciones de Nociones

fundamentales de seguridad están sometidas a revisión para unificarlas en un solo documento con este título.

En muchas esferas de la gestión de desechos radiactivos se ha acumulado experiencia para la explotación satisfactoria y segura de las instalaciones; por ejemplo, en las esferas del procesamiento y el almacenamiento de desechos, la disposición final cerca de la superficie y la descarga de efluentes líquidos y gaseosos. En otras esferas, sobre todo en la disposición final geológica y la restauración del medio ambiente, la experiencia adquirida aún es escasa o nula. En esas esferas los conceptos y metodologías de seguridad todavía están en desarrollo y el programa RADWASS tiene que reflejar esa realidad, pues hoy día no se puede ser categórico respecto de todos los temas de seguridad pertinentes.

Hasta la fecha, se han publicado tres Requisitos de seguridad y siete Guías de seguridad. (Véase el recuadro de la página 34.)

DOCUMENTOS COMUNES

Además de analizar esferas temáticas específicas, los documentos RADWASS contienen requisitos y

El Sr. Delattre es Coordinador del programa de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos del OIEA y Secretario Científico del Comité sobre Normas de Seguridad para la Gestión de Desechos.

orientaciones generalmente aplicables a toda la esfera de la seguridad de los desechos.

A continuación de las Nociones fundamentales de seguridad, aparecen por orden de importancia, los documentos siguientes:

■ El Requisito de seguridad para el *Establecimiento de un sistema nacional de gestión de desechos radiactivos* (SS111-S1). Este Requisito establece las disposiciones administrativas necesarias en un país para garantizar la seguridad en la gestión de desechos. Será reemplazado por un documento que está en preparación y que se espera sea publicado en la categoría de Seguridad general del programa de Normas de seguridad del OIEA como Requisito de seguridad para una infraestructura jurídica y gubernamental en relación con la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte.

■ La Guía de seguridad *Classification of Radioactive Waste* (SS111-G-1.1) establece un sistema de clasificación internacional de los desechos radiactivos sólidos y es un documento de referencia básico para las RADWASS.

Fiscalizar la eliminación del control regulador sobre los materiales es un tema que se ha analizado a fondo. Como resultado de los análisis realizados por el WASSC, se está estableciendo un sistema coherente para la gestión de la eliminación del control sobre los materiales generados en actividades reglamentadas. Se considera que la elaboración de recomendaciones internacionales en esta esfera, incluidos los niveles de dispensa internacionalmente convenidos, tiene gran prioridad.

DESCARGAS DE DESECHOS RADIATIVOS

Se revisó la Guía de seguridad existente sobre el tema (Vol. No. 77 de la Colección Seguridad),

titulada *Principios para la limitación de las emisiones de efluentes radiactivos al medio ambiente*, publicada en 1986. Ahora esa guía no sólo tiene en cuenta las modificaciones introducidas desde 1986 a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), sino que también, lo que es más importante, hace que la orientación sea más aplicable y útil en la práctica para los reguladores nacionales. La Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), que supervisa todas las Normas de seguridad del OIEA, aprobó en junio de 1999 el documento revisado, que se publicó en agosto de 2000 como Normas de seguridad WS-G-2.3, *Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment*.

GESTION DE DESECHOS RADIATIVOS PREVIA A LA DISPOSICION FINAL

Esta es una esfera de la gestión de desechos en la que los Estados Miembros ya han acumulado amplia experiencia. Abarca todas las etapas de la gestión de desechos antes de la disposición final o descarga, e incluye la recolección, el tratamiento, el acondicionamiento, el embalaje y el almacenamiento de desechos.

Se encuentran en preparación varios documentos en los que, en muchos casos, se actualizan las orientaciones contenidas en documentos de la Colección Seguridad de los años ochenta. Además, por primera vez, se preparó un documento de la categoría Requisitos de seguridad, en el que se exponen los criterios de seguridad esenciales y básicos de esta esfera, que incluye la clausura de todos los tipos de instalaciones nucleares. La CSS aprobó el Requisito de seguridad en junio de 1999 y la Junta de Gobernadores lo hizo en septiembre de 1999. Dicho requisito se publicó como WS-R-2 en agosto de 2000.

Esas recomendaciones básicas se explican en detalle en varias Guías de seguridad que abarcan todos los tipos importantes de instalaciones y de formas de desechos. En diciembre de 1998, la CSS aprobó dos Guías de seguridad sobre clausura, que fueron publicadas en noviembre de 1999: (WS-G-2.1, titulada *Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors*, y WS-G-2.2, titulada *Decommissioning of Medical Industrial and Research Facilities*). El tercer documento --*Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities*-- se presentó a los Estados Miembros en febrero de 1999 para que formularan observaciones, y el WASSC lo aprobó en diciembre de 1999 para someterlo a la consideración de la CSS.

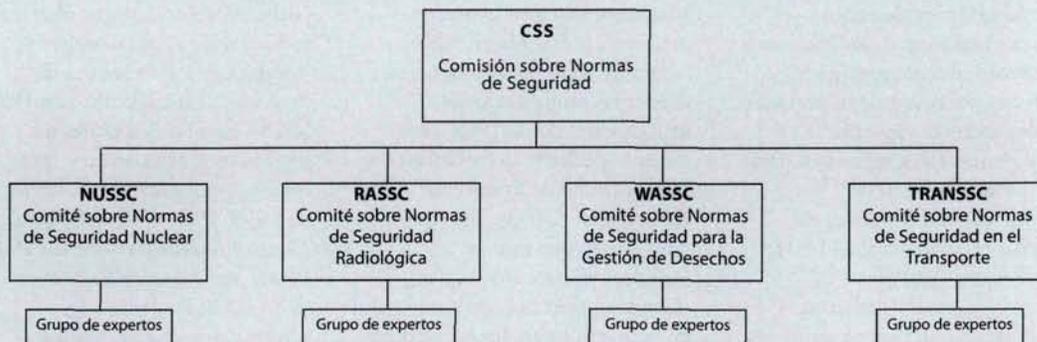
Otras cinco Guías de seguridad sobre disposición final previa están en preparación. En abril de 2000, el WASSC aprobó dos de ellas (sobre gestión de desechos de actividad baja e intermedia previa a la disposición final y gestión de desechos de actividad alta previa a la disposición final) para someterlas a la consideración de los Estados Miembros, a fin de que formularan observaciones al respecto.

DISPOSICION FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS

En los últimos dos o tres decenios, en muchos países se ha acumulado experiencia en la disposición final de desechos de actividad baja e intermedia en repositorios cercanos a la superficie; sin embargo, hasta la fecha, no están funcionando repositorios situados en formaciones geológicas profundas para desechos de actividad alta. Como consecuencia de eso, se han elaborado nuevas normas de seguridad para la disposición final cerca de la superficie, pero no todavía para la disposición final geológica.

En junio de 1999, se publicó un documento de la categoría

ORGANOS ASESORES EN MATERIA DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA



Se han creado varios órganos para la preparación y el examen de las normas de seguridad del OIEA.

La *Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS)* es un órgano permanente, integrado por funcionarios gubernamentales de categoría superior con responsabilidades nacionales en el establecimiento de normas y otros documentos reguladores relacionados con la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos y del transporte. Desempeña una especial función de supervisión general respecto de las normas de seguridad del OIEA y asesora al Director General sobre el programa general de normas de seguridad.

Las funciones de la CSS son:

- dar orientación sobre enfoques y estrategias para establecer las normas de seguridad del OIEA, en particular para asegurar la coherencia y concordancia entre ellas;
- dar solución a problemas pendientes que sean remitidos a la Comisión por cualesquiera Comités; aprobar, de conformidad con el procedimiento de preparación y examen de las normas de seguridad del OIEA, los textos de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad que se presenten a la Junta de Gobernadores para su aprobación, y determinar la conveniencia de publicar las Guías de seguridad con la autorización del Director General; y
- proporcionar asesoramiento y orientaciones generales sobre las cuestiones relativas a las normas de seguridad, las cuestiones de regulación pertinentes y las actividades del OIEA relacionadas con las normas de seguridad y los programas afines, incluidos los destinados a promover la aplicación de las normas a escala mundial.

Asimismo, se crearon cuatro comités: el *Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear (NUSSC)*, el *Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica (RASSC)*, el *Comité sobre Normas de Seguridad para la Gestión de Desechos (WASSC)* y el *Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte (TRANSSC)*. Estos comités son órganos permanentes compuestos por funcionarios de categoría superior encargados de la regulación, con conocimientos especializados en materia de seguridad nuclear, seguridad radiológica, seguridad de los desechos radiactivos y seguridad en el transporte de materiales radiactivos, respectivamente. Los Comités asesoran a la Secretaría sobre los programas generales --y desempeñan una función fundamental en la elaboración y revisión de las normas de seguridad-- en sus esferas de seguridad respectivas.

Las funciones de esos Comités son:

- recomendar los temas de los documentos de seguridad de los programas del OIEA en materia de seguridad nuclear, seguridad radiológica, seguridad en la gestión de desechos radiactivos y seguridad en el transporte de materiales radiactivos, y el mandato de los grupos que participan en la elaboración y revisión de esos documentos, con miras a fomentar la coherencia;
- decidir los textos, tanto de las normas que se presentarán a la Junta de Gobernadores para su aprobación, como de las Guías de seguridad que se publicarán con la autorización del Director General y formular recomendaciones a la CSS, de conformidad con el procedimiento de preparación y examen de las normas de seguridad del OIEA;
- proporcionar asesoramiento y orientación sobre un programa permanente de examen y elaboración de normas de seguridad y documentos complementarios, y
- proporcionar asesoramiento y orientación sobre las normas de seguridad en sus respectivas esferas, las cuestiones de reglamentación pertinentes y las actividades dirigidas a apoyar la aplicación a escala mundial de las normas de seguridad del OIEA en esas esferas.

Requisitos de seguridad, sobre la disposición final cerca de la superficie (WS-R-1, *Near Surface Disposal of Radioactive Waste*), después de su aprobación por la Junta de Gobernadores del OIEA, en marzo de 1999. Ese documento establece los criterios radiológicos esenciales que rigen esta práctica y los criterios de seguridad básicos para todas las etapas del desarrollo, explotación y cierre del repositorio. Se sustenta en dos Guías de seguridad: una sobre la selección del emplazamiento (SS111-G-3.1, *Siting of Near Surface Disposal Facilities*), publicada en 1994, y la otra sobre la evaluación de la seguridad (WS-G-1.1, *Safety Assessment for Near Surface Disposal*), publicada en julio de 1999.

Las actuales orientaciones del Organismo para la seguridad en la disposición final subterránea de desechos radiactivos de actividad alta figuran en el Vol. N° 99 de la Colección Seguridad (*Principios y criterios técnicos de seguridad para la evacuación subterránea de desechos radiactivos de actividad alta*), publicado en 1989. Sin embargo, esta es una esfera en la que los conceptos de seguridad continúan en evolución y la CIPR, la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y el OIEA están contribuyendo al logro de un consenso, apoyando a los grupos de trabajo de expertos internacionales que se ocupan del tema. En abril de 2000, el WASSC aprobó un nuevo esquema de preparación de documentos para los Requisitos de seguridad.

Recientemente, en el WASSC, se han efectuado amplios debates sobre la seguridad de la disposición final geológica, sobre todo en el Subgrupo del Comité sobre Principios y Criterios. Por lo general, los tipos de desechos que se destinan a la disposición final en formaciones geológicas profundas

se caracterizan por su actividad alta (pueden ser generadores de calor) y por su contenido de radionucleidos de período largo. Ello requiere que esos desechos sean aislados y contenidos durante largos períodos. Se identificaron varias esferas nuevas de interés, relacionadas con esas características, a saber: control institucional, intrusión humana, recuperabilidad, indicadores de seguridad a largo plazo (incluidos los aspectos no radiológicos) y cómo acometer evaluaciones de la seguridad que inspiren confianza a las partes interesadas, ya sean o no especialistas.

Con respecto al control institucional, existe consenso en cuanto a que la seguridad no debe depender de ese control y que debe garantizarse mediante un sistema de barreras naturales y artificiales pasivas. El control institucional durante un período limitado puede complementar esas barreras. De modo que es necesario determinar la naturaleza y el tiempo durante el cual debe mantenerse ese control, teniendo en cuenta los tipos de escenarios de intrusión humana que han de investigarse.

Dar garantías a las partes interesadas se ha convertido en un asunto de creciente importancia, por lo que es necesario analizar la recuperabilidad y vigilancia de los desechos y sus posibles efectos en la seguridad. También es necesario analizar un abanico de indicadores de seguridad y múltiples argumentos para fundamentar las evaluaciones de la seguridad requeridas, a fin de contribuir a la obtención de garantías razonables en cuanto a que un repositorio geológico sea seguro. La seguridad general de un repositorio para la disposición final geológica requiere que haya un equilibrio entre la aplicación de los principios de defensa en profundidad en la selección, el diseño de las barreras y la necesidad de ofrecer una demostración sencilla, transparente y convincente del expediente de seguridad a todos los interesados. (*Véase el artículo de la página 55.*)

Los desechos originados en la minería y el tratamiento de los minerales de uranio y torio afectan a muchos países y en algunos de ellos la gestión de desechos no ha sido adecuada. Los desechos se encuentran en grandes volúmenes de materiales de actividad baja que contienen radionucleidos naturales con períodos de semidesintegración radiactiva muy largos. En muchos países, los desechos se almacenan en la superficie, en grandes pilas y constituyen un peligro potencial a largo plazo para la salud y el medio ambiente. Debido a esos grandes volúmenes, las soluciones para la gestión eficaz de los desechos, desde el punto de vista radiológico, suelen ser complicadas y costosas. Al formular estrategias adecuadas para la gestión de esos desechos surgen problemas relacionados con la protección radiológica a largo plazo. Se encuentra en preparación una nueva Guía de seguridad sobre la gestión de esos desechos (*Management of Radioactive Waste from Mining and Milling of Uranium and Thorium Ores*), la cual será una actualización del Vol. N° 85 de la Colección Seguridad, publicado en 1987 (*Gestión segura de desechos en la minería y tratamiento de minerales de uranio y de torio*). Esa Guía se someterá a aprobación para presentarla a los Estados Miembros en la reunión del WASSC, que se celebrará en octubre de 2000.

Como el proyecto fue elaborado con referencia a las operaciones de minería y tratamiento del uranio, es igualmente aplicable a otras actividades de tratamiento que supongan el aumento de concentraciones de materiales radiactivos naturales.

Numerosas actividades como, por ejemplo, la producción petroquímica, el tratamiento de fosfatos y de arena monacitada originan cantidades significativas de desechos radiactivos. El presente programa RADWASS no abarca explícitamente la gestión

NORMAS DE SEGURIDAD PARA LA GESTION DE DESECHOS RADIATIVOS

Los documentos publicados hasta la fecha en virtud del programa RADWASS son:

■ **Nociones fundamentales de seguridad:** *Principios para la gestión de desechos radiactivos* (1995)

■ **Requisitos de seguridad:** *Establishing a National System for Radioactive Waste Management* (1995); *Pre-Disposal Management of Radioactive Waste, including Decommissioning* (2000); *Near Surface Disposal of Radioactive Waste* (1999).

■ **Guías de seguridad:** *Classification of Radioactive Waste* (1994); *Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment* (2000); *Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors* (1999); *Decommissioning of Medical, Industrial, and Research Facilities* (1999); *Siting of Near Surface Disposal Facilities* (1994); *Safety Assessment for Near Surface Disposal* (1999); *Siting of Geological Disposal Facilities* (1994).

de esos desechos. Sin embargo, parece probable que esos desechos puedan ser tratados dentro de la misma categoría que los originados en la minería y el tratamiento de los minerales de uranio y torio.

RESTAURACION DEL MEDIO AMBIENTE

No fue hasta hace poco que se hizo patente la necesidad de dar orientación internacional en materia de seguridad en esta esfera. Ello se debe en especial a los cambios operados por el fin de la guerra fría y a la atención que ahora se presta a la descontaminación del medio ambiente de los antiguos polígonos de ensayos nucleares y de instalaciones de producción de armas.

El propio Organismo ha participado activamente en la evaluación de la situación radiológica de algunos de esos emplazamientos y en el asesoramiento sobre la necesidad de aplicar medidas correctoras o de otra índole. Además, la clausura de instalaciones nucleares del sector civil ha destacado la necesidad de adoptar enfoques de seguridad convenientes respecto de la rehabilitación de zonas afectadas.

En particular, se ha reconocido que se necesitan criterios

radiológicos que ayuden a adoptar decisiones sobre la descontaminación de zonas afectadas por residuos procedentes de actividades nucleares anteriores. El WASSC apoyó la formulación de Normas de seguridad para la rehabilitación de zonas contaminadas por actividades y accidentes anteriores, que estipularán la aplicación de principios de protección radiológica en la rehabilitación de zonas contaminadas. Para ello se tomará como base un documento técnico (TECDOC-987) que ha ofrecido orientación provisional sobre criterios radiológicos para ayudar a la adopción de decisiones sobre la descontaminación de zonas afectadas por residuos procedentes de actividades nucleares anteriores, así como una publicación de la CIPR sobre exposiciones prolongadas.

En julio de 1999, expertos técnicos elaboraron y examinaron un primer proyecto sobre este tema con el título *Descontaminación de zonas contaminadas por actividades y accidentes anteriores*, que se presentará al WASSC y al Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica, en octubre de 2000 para una primera revisión. Una vez que sea aprobado por ambos

Comités, el documento será enviado a los Estados Miembros del OIEA para que formulen sus observaciones y para su evaluación.

UN PROCESO EVOLUTIVO

La elaboración y aplicación de las normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos y para otras esferas, ha sido un proceso evolutivo.

Las primeras normas de seguridad de los desechos se publicaron unos años después de la creación del OIEA. En el decenio de 1970, se había establecido un mecanismo formal para examinar y supervisar la formulación de normas de seguridad para la disposición final de desechos. Para entonces, había aumentado la inquietud del público por las cuestiones relacionadas con los desechos radiactivos y, como un medio que sirviera para demostrar que ya existían métodos bien establecidos para la gestión segura de desechos radiactivos, el OIEA inició una muy divulgada colección sobre normas de seguridad de los desechos radiactivos. En 1995, se publicó el documento rector, *Principios para la gestión de desechos radiactivos*, que constituyó la base técnica de la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, aprobada por los Estados en 1997.

En la actualidad, los esfuerzos se centran en la formulación de normas armonizadas en la esfera de la seguridad de los desechos radiactivos. Esos esfuerzos se complementan con programas y actividades relacionados con la aplicación de normas de seguridad en los Estados Miembros del Organismo. Esta labor abarca las actividades de cooperación técnica, los proyectos coordinados de investigación y la prestación de servicios integrados de examen de la seguridad. □

¿QUE DESECHO ES "RADIATIVO"?

DEFINICION DEL AMBITO DEL SISTEMA DE REGULACION

POR JOHN COOPER, ABEL J. GONZALEZ,
GORDON LINSLEY, Y TONY WRIXON

Todas las sustancias --ya sean consideradas desechos o no-- poseen cierta cantidad de radiactividad. Contienen materiales radiactivos naturales o rastros de sustancias radiactivas producidas por las actividades humanas.

Este hecho ha complicado lo que, a primera vista, parece una pregunta bastante fácil de responder: ¿qué es un desecho radiactivo? Por supuesto, los instrumentos detectan hasta los niveles mínimos de radiación en nuestro derredor. Sin embargo, los detectores de radiación no pueden, por sí solos, responder la pregunta, ya que no existe umbral por debajo del cual no se pueda determinar la radiactividad como una propiedad de los desechos, independientemente de su origen.

Así, la pregunta es realmente mucho más compleja, y plantea cuestiones relativas al modo en que las sociedades definen y regulan todos los tipos de desechos.

Durante el decenio pasado, los especialistas en la materia sostuvieron intensos debates sobre el tema de la definición de los desechos radiactivos para los fines de regulación. Hasta ahora, ha sido difícil llegar a un acuerdo en relación con dos conceptos distintos, a saber, la *exclusión* y/o *exención* de los desechos radiactivos de los requisitos de regulación. Esos dos conceptos se refieren al ámbito del sistema de regulación de los materiales radiactivos. Básicamente, dicho sistema deberá determinar qué desechos están dentro del sistema y, por tanto, deberán

ser considerados desechos radiactivos, y qué desechos deberán estar fuera del sistema y, por ende, *excluidos* de las regulaciones para su tratamiento como desechos "normales". El sistema también deberá precisar qué desechos radiactivos están, en principio, dentro del sistema, pero como su radiactividad es trivial, pueden *eximirse* de la acción de regulación.

La falta de acuerdo internacional sobre esos conceptos es una cuestión importante, porque fomenta la ambigüedad y la contradicción de los enfoques en materia de regulación y, por extensión, afecta el costo de la regulación. Por ejemplo, algunas normas nacionales regulan los desechos que contienen cantidades triviales de materiales radiactivos derivados de las actividades nucleares, pero esos requisitos no suelen aplicarse a los desechos provenientes de las industrias que manipulan materiales radiactivos naturales (NORM), que pueden contener cantidades importantes de radiactividad. (*Véase el recuadro de las páginas 38 y 39.*)

Mediante su labor, el OIEA ha contribuido de manera decisiva a tratar de estimular algún tipo de armonía mundial en la caracterización de los desechos radiactivos. En el presente artículo se describe la situación del consenso internacional alcanzado hasta ahora.

AMBITO DEL SISTEMA DE REGULACION

El "ámbito" del sistema de regulación que se utiliza para controlar los desechos radiactivos es una cuestión importante. Se podrían gastar innecesariamente considerables recursos, si no se define como corresponde el "ámbito" regulativo y se someten a estrictos controles los desechos que no es preciso regular como desechos radiactivos.

Últimamente, el tema ha recibido más atención, sobre todo, debido a la cuestión de si se deben regular los desechos provenientes de las actividades industriales que contienen NORM.

Como todas las sustancias son radiactivas y pueden causar exposición a la radiación, las regulaciones de protección radiológica pueden aplicarse, en principio, a todo, a cada actividad humana y a cada situación ambiental, a todos los desechos. Sin embargo, se supone que los sistemas de regulación tienen limitados recursos. Por tanto, con vistas a lograr un uso adecuado de los recursos, y también a evitar la ambigüedad jurídica, es necesario definir claramente el ámbito de los sistemas de regulación, sobre todo en el caso de los desechos.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) --cuyas recomendaciones orientan la creación de normas

El Sr. Cooper pertenece a la Junta Nacional Británica de Protección Radiológica. El Sr. González es Director de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA. Los Sres. Linsley y Wrixon son los respectivos Jefes de la Sección de Seguridad de los Desechos y de la Sección de Seguridad Radiológica de la División.

NORMAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD RADIOLOGICA

Las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación --con frecuencia denominadas las NBS-- fueron publicadas por el OIEA, en 1996, como el Vol. No. 115 de la Colección Seguridad. Todas las organizaciones internacionales con intereses en la seguridad radiológica copatrocinan las NBS. Esas normas establecen los requisitos para la protección contra los riesgos asociados a la exposición a la radiación ionizante (o radiación, para abreviar). Esos requisitos se basan en las estimaciones de los efectos sobre la salud atribuibles a la exposición a las radiaciones, los cuales son periódicamente presentados a la Asamblea General de las Naciones Unidas por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), y en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) relativas a la protección radiológica. Para obtener más información y referencias técnicas, véase el *Boletín del OIEA*, Vol. 36, No. 2 (1994) y consulte las páginas Web "RasaNet" del sitio *WorldAtom* del OIEA en www.iaea.org, así como el sitio Web de la CIPR en www.icrp.org.

internacionales de seguridad radiológica-- ha reconocido la importancia de limitar el ámbito de su Sistema de protección radiológica. En sus recomendaciones más recientes, la CIPR señaló que *como todo el mundo está expuesto a la radiación de las fuentes naturales y artificiales..., cualquier sistema realista de protección radiológica debe tener, por tanto, un ámbito bien definido, a fin de que no se aplique a la totalidad de las actividades humanas.*

En muchos países, las regulaciones que rigen la gestión y la disposición final de los desechos radiactivos se basan en las normas internacionales de protección y seguridad radiológica, que fueron publicadas por última vez, en 1996, como *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación*

ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS). (Véase el recuadro de esta página.)

Las NBS establecen los requisitos para el control de la exposición a la radiación adicional causada por las *prácticas*, término utilizado para caracterizar las actividades humanas (como los usos médicos e industriales de las radiaciones, los materiales radiactivos y la generación de electricidad por energía nucleoelectrónica) incluidos sus desechos, que se supone añaden alguna exposición a la radiación de fondo que las personas reciben normalmente. Las NBS también establecen los requisitos para evitar la exposición a la radiación existente, incluidas las exposiciones a la alta radiación de fondo, mediante las *intervenciones*. Este término se utiliza para describir las actividades protectoras que procuran reducir la exposición a la radiación que no proviene de una práctica controlada. Después de terminada la intervención, pueden quedar algunos desechos residuales.

Por tanto, las prácticas pueden generar desechos radiactivos; la intervención puede dejar desechos radiactivos residuales y quizás no sea necesario regular algunos de esos desechos. Con vistas a facilitar decisiones de ese tipo, las NBS incluyen los conceptos de *exclusión* y *exención*. Ambos conceptos son paralelos modernos de los antiguos criterios de *de minimis non curat praetor* y *de minimis non curat praetor*, que determinaron problemas similares en el derecho Romano hace dos milenios.

La *exclusión* determina, sencillamente, qué desechos estarán --y cuáles no estarán-- sujetos a los instrumentos de regulación relativos a la seguridad radiológica. La *exención* determina qué desechos pueden --y cuáles no pueden-- ser liberados *a priori* de algunos o de todos los controles regulativos.

Las NBS introdujeron además otro término --*dispensa*-- para denotar la exención desde dentro del sistema de control, es decir, la exención *a posteriori*.

Esos tres términos no son conceptos de "seguridad de los desechos" *per se*; sino que deben considerarse mecanismos destinados a proteger a las autoridades reguladoras de las cargas innecesarias. De manera indirecta, fortalecen el sistema de regulación al permitir que los reguladores se concentren en las exposiciones o las sustancias radiactivas que pueden controlar de manera eficaz, y cuyo control es esencial para la salud pública, la seguridad y la protección del medio ambiente.

De esa manera, las NBS incorporan los conceptos de *exclusión* y *exención* para describir situaciones en que no son factibles o no se justifican los controles regulativos.

EL CONCEPTO DE EXCLUSIÓN DE LA REGULACION

La exclusión se describe en las NBS de la siguiente manera: *"Se considera excluida del ámbito de las Normas toda exposición, cuya magnitud o probabilidad no sea, por esencia, susceptible de control, aplicando los requisitos por ellas prescritos."*

De acuerdo con la recomendación de la CIPR, las fuentes que sean por esencia incontrolables, como las radiaciones cósmicas sobre la superficie de la tierra y el potasio 40 en el organismo, pueden tratarse mejor mediante el proceso de exclusión del ámbito de los instrumentos de regulación.

En el lenguaje de las NBS, entre las exposiciones excluidas están las exposiciones incontrolables y las exposiciones que *no son, por esencia, susceptibles de control, independientemente de su magnitud*. Las exposiciones incontrolables son

las que no se pueden restringir en ninguna circunstancia concebible. Un ejemplo típico es la exposición ocasionada por elementos radiactivos --como el potasio--, que son constituyentes de nuestro organismo y esenciales para nuestra vida normal. Un ejemplo de exposición que no es, por esencia, susceptible de control (es decir, cuando el control es teóricamente posible, pero a todas luces poco práctico) es la debida a la incidencia de rayos cósmicos sobre la superficie de la tierra.

Las exposiciones de este tipo deberán excluirse de las regulaciones --aunque puedan ser importantes para la salud pública-- porque no sería factible regularlas. Cabe señalar que la exclusión se aplica a la exposición como tal, y no a la fuente de la exposición, ya que la fuente de radiación puede producir varios tipos de exposición en diversas situaciones, algunas de las cuales pueden ser susceptibles de restricción, mientras otras, no.

Igualmente importante es que la determinación de lo que no es, por esencia, susceptible de control, exige el criterio del legislador, que puede estar influido por percepciones culturales. Por ejemplo, universalmente se considera que la exposición a los rayos cósmicos sobre la superficie de la tierra no es susceptible de control. Hay ciudades que han sido construidas a gran altura (por ejemplo, La Paz, capital de Bolivia, está ubicada a más de 4000 metros). Los habitantes de esas ciudades están mucho más expuestos que los que viven a nivel del mar. Sin embargo, no se ha considerado razonable trasladar esas ciudades hacia altitudes más bajas solamente para evitar la exposición.

En relación con la posibilidad de controlar la exposición ocasionada por otras fuentes naturales, incluidos los desechos de las industrias que procesan los

NORM, la práctica internacional es imprecisa. Por ejemplo, las NBS se refieren a la exposición debida a la "concentración, no modificada, de los radionucleidos presentes en la mayor parte de las materias primas" como un ejemplo de exposición excluida. Las actitudes hacia estos materiales varían grandemente de un país a otro. En muchos países las personas disfrutan de playas con arenas monacitadas, ricas en materiales radiactivos naturales. Sin embargo, las autoridades de esos países no restringen la exposición a las radiaciones de esos materiales, a pesar de que el control sería bastante sencillo (por ejemplo, limitando el acceso a las playas). En otros países, hasta el transporte de cantidades relativamente pequeñas de esos tipos de arenas está sometido al control regulativo.

La referencia a la "mayoría de las materias primas" en las NBS indica que pueden perfectamente existir algunas industrias que usan los NORM, donde las concentraciones de radiactividad sean bastante elevadas como para justificar que sean objeto de consideración y control. Un caso extremo, pero generalmente aceptado, es la producción de minerales de uranio o torio, aunque también puede que sea necesario tener en cuenta algunas otras materias primas. La referencia a las "concentraciones no modificadas" en las NBS señala que la elaboración de algunas materias primas, que pueden tener concentraciones de radiactividad relativamente normales, puede generar productos o desechos con niveles mucho más altos.

El enfoque que deberá adoptarse en relación con los desechos de las industrias que procesan los NORM es actualmente el tema de un animado debate internacional. Es necesario seguir trabajando para lograr un consenso internacional

en cuanto a qué exposiciones debidas a los desechos naturales deberían excluirse (o quizás, más bien no incluir) del ámbito de las regulaciones.

EL CONCEPTO DE EXENCIÓN DE LOS REQUISITOS DE REGULACION

Las NBS se valen del concepto de exención sólo en el contexto de las prácticas; por tanto, el concepto es aplicable a los desechos generados por las prácticas. Las NBS brindan la siguiente descripción de exención: *"Las prácticas y las fuentes adscritas a las prácticas [y sus desechos] podrán declararse exentas de los requisitos prescritos por las Normas, incluidos los de notificación, registro o concesión de licencia... La exención no debería concederse para permitir prácticas que no serían justificadas por otras razones."*

En materia de exención de las fuentes del control regulativo, la CIPR también ha orientado que con vistas a evitar excesivos procedimientos reguladores, la mayoría de los sistemas de regulación incluyen disposiciones para la concesión de exenciones. La Comisión considera que la exención de las fuentes es un componente importante de las funciones de regulación. Existen dos principios para declarar exenta una fuente o una situación ambiental del control regulativo. Uno es que la fuente ocasione pequeñas dosis individuales y colectivas en condiciones normales y de accidente. El otro es que ningún procedimiento de control razonable pueda obtener reducciones significativas de las dosis individuales y colectivas. El principio de exención sobre la base de la dosis trivial es muy deseado, pero muy difícil de establecer. Además de la dificultad para decidir si una dosis individual o colectiva es bastante pequeña como para que sea desestimada a los fines de la

EL CASO DE LOS "NORM"

Las regulaciones relativas a los desechos radiactivos se han concentrado sobre todo, si no exclusivamente, en las prácticas que hacen uso de las fuentes "artificiales" de radiactividad, es decir, las provenientes de las actividades humanas. Sin embargo, existe otra esfera donde se podrían exponer argumentos en contra y a favor de la necesidad de intervenciones de regulación aplicando los criterios de la protección radiológica: los desechos de las industrias que utilizan grandes cantidades de materiales radiactivos naturales (los NORM), pero donde la presencia de radiactividad suele estar relacionada con el uso a que se destina el material. Los ejemplos incluyen la elaboración de productos a partir de arena mineral, del ácido fosfórico que se extrae del fosfato mineral, de algunos metales (por ejemplo, el estaño), y el empleo de materiales de construcción naturales que contienen elevados niveles de radionucleidos naturales. Las recomendaciones de la CIPR confirmaron la idea de que, en principio, esas industrias pueden ser candidatas a la regulación; en algunos casos, las dosis que recibieron los trabajadores y el público fueron por lo menos tan altas como las procedentes de las instalaciones nucleares y, en muchos casos, fueron significativamente más altas. Esas industrias pueden producir desechos radiactivos que contienen niveles mucho más altos de radiactividad que los niveles de exención. (Véase el cuadro que muestra un ejemplo específico sobre la minería y la elaboración de arena mineral en Australia.)

Esas situaciones son diferentes a las relacionadas con radionucleidos artificiales en que se ha utilizado el concepto de trivialidad para decidir el alcance de la intervención de regulación. Las diferencias son: i) las industrias y los procesos han estado con frecuencia operando durante muchos años y pueden anteceder a los sistemas de protección radiológica introducidos, al menos en un inicio, para la protección contra los radionucleidos artificiales; y ii) la posibilidad de cambios significativos en las tasas de exposición, en particular,

un incremento, puede verse automáticamente limitada por varios factores como son el volumen de producción de la planta, el confin superior natural de la concentración de la actividad de la materia prima y la legislación del lugar de trabajo que controla las concentraciones de polvo en suspensión en el aire.

Uno de los enfoques sería excluir esas industrias de las regulaciones, a menos que los niveles de actividad de los materiales utilizados fueran de tal magnitud que las dosis que se estuvieran recibiendo fueran suficientemente altas para causar preocupación. Otro enfoque se basa en la decisión de que las industrias especificadas deben estar sujetas a regulación, es decir, que constituyen una *práctica* en el contexto de las NBS. En tales casos, prever la exención de los requisitos de regulación puede ser útil, pero sería necesario definir las condiciones para dicha exención. El concepto de trivialidad de la dosis adicional ya no sería aplicable, por ejemplo, la condición podría establecerse sobre la base de que la exención sea la opción óptima de protección radiológica. Por más lógico que ello pudiera ser desde una perspectiva teórica, podría interpretarse que se aplican diferentes "normas" en situaciones que incluyan radionucleidos artificiales en comparación con los NORM. Por esa razón, algunos han propuesto que las industrias que procesan los NORM deberían ser reguladas de la misma forma que las industrias relacionadas con la energía nuclear. Ello significaría que para la mayoría de los desechos de las industrias de NORM, no sería adecuada la exención porque la exposición a las radiaciones debida a los NORM no es trivial. El nivel de regulación variaría según los riesgos potenciales para los trabajadores y para el público (enfoque escalonado), y en las industrias donde los riesgos causados por la radiación son bajos y la fuente o práctica sea intrínsecamente segura, puede bastar una notificación del operador o propietario al órgano regulador, en que comunique la existencia de la práctica y sus desechos.

regulación, hay bastantes dificultades en la definición de la fuente. El problema fundamental consiste en que la exención es, necesariamente, un proceso relacionado con la fuente, mientras la trivialidad de la dosis se relaciona, en primer lugar, con el individuo.

La CIPR también ha señalado que el segundo principio para la exención exige un estudio similar al que se necesita en la optimización de la protección. Este principio ofrece un

fundamento lógico para la exención de las fuentes que no pueden ser declaradas como tales solamente sobre la base de la dosis trivial, pero según el cual la regulación sobre cualquier escala razonable producirá poca o ninguna mejoría.

En la *Publicación 64* de la CIPR, la Comisión resumió los criterios actuales para los niveles de exención de las prácticas al manifestar que en el caso de la exposición normal, la mayoría de los sistemas de regulación

incluyen disposiciones para conceder exenciones del sistema de regulación, cuando sea evidente que una práctica está justificada, pero que las disposiciones de regulación son innecesarias. Los principios de la exención consisten en que la fuente ocasione pequeñas dosis individuales (del orden de los 10 microsievets anuales, o aproximadamente una centésima de la dosis de fondo media) y que se optimice la protección, es decir, que las disposiciones

CONCENTRACIONES TÍPICAS DEL TORIO Y EL URANIO EN LOS PRODUCTOS DE ARENAS MINERALES Y EN LOS DESECHOS DE FABRICACION

Material	Torio (Bequerelio/gramo)	Uranio (Bequerelio/gramo)	Material	Torio (Bequerelio/gramo)	Uranio (Bequerelio/gramo)
MINERIA					
Mineral	0,04-0,6	0,07-0,25			
SEPARACION PRIMARIA					
Producto			Desechos		
Mineral pesado	0,6-6,6	<0,25-1,7	Residuos de arena	<0,1-<0,4	<0,25
			Granzas	<0,1-<0,4	<0,25
			Finos	<0,25	<0,25
SEPARACION SECUNDARIA					
Productos			Desechos		
Limonita	0,04-4,1	<0,25-0,75	Residuos monazíticos	1,5-5,0	0,25-25
Leucoceno	0,6-5,7	0,5-1,2	Finos	~5	~0,75
Rutilo	<0,4-2,9	<0,25-0,5	Granzas	0,7-5,3	1,2-3,7
Circon	1,2-2,5	3,7-7,4	Polvo de fábrica	~2-21	~0,25-6,2
Monazita	410-575	25-75	Partículas de pila	~4,41	~0,25-12,5
Concentrado de monazita	80-450	12-60			
Xenotima	~120	~100			
PRODUCCION DE RUTILO SINTETICO					
Producto			Desechos		
Rutilo sintético	<0,4-2,9	<0,25	Sólidos de óxido de hierro	<0,4-2,8	<0,25
			Sólidos inertes	~0,4	~0,1
			Sólidos de ácidos neutralizados	~0,7-4,4	~0,25-1,5
			Finos no magnéticos	0,4-5	0,25-1,5
			Sólidos del depurador de horno	~0,2-2,2	<0,1-0,75
			Granzas de la descarga de horno	~1,1	~0,4
PRODUCCION DE PIGMENTO DE DIOXIDO DE TITANIO					
Producto			Desechos		
Pigmento de dióxido de titanio		Cero	Lodos residuales (húmedos)	2,5	0,75
			Costra de lodo (seca)	1,9-2,9	0,75-1

El cuadro muestra las cantidades típicas de radiactividad del torio y el uranio por unidad de masa de productos de arenas minerales y desechos de fabricación. El nivel de exención de las NBS para el torio y el uranio es de 1 Bq/g; por tanto, parte de los productos y desechos (aparecen en cursivas en la tabla) deben considerarse "radiactivos".

Fuente: Cámara de Minerales y Energía de Australia Occidental.

de regulación produzcan poca o ninguna mejoría en las reducciones de dosis. (Si la dosis colectiva es pequeña, por ejemplo, de alrededor de un sievert-hombre anual, se supone con frecuencia que la protección está optimizada.)

Por tanto, desde el punto de vista histórico, *exención* es el concepto sobre el cual se ha logrado un consenso internacional más amplio. En las primeras etapas existía el acuerdo de que algunas prácticas no

justificaban la plena imposición del sistema de regulación, porque la exposición adicional que supuestamente ocasionaban, era trivial. Hace más de diez años, el OIEA, junto con la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE, estableció los siguientes principios generales para eximir una práctica: i) los riesgos individuales deben ser suficientemente pequeños, de modo que no justifiquen ser objeto de requisitos de regulación; ii) la protección

radiológica, incluido el costo del control regulativo, debe optimizarse; y iii) la práctica debe ser intrínsecamente segura. (Vol. No. 89 de la Colección Seguridad del OIEA.)

Esos principios se perfeccionaron posteriormente. Se interpretó que el primer principio significaba que las situaciones que entrañan riesgos triviales no justificarían el control regulativo (por supuesto, satisfechas ya las demás condiciones). Al comparar la

respuesta de la sociedad con otras actividades y la percepción de los riesgos de éstas, este principio se tradujo en una dosis anual de unos 10 microsievert (ó 0,01 milisievert), la cual es equivalente a menos del 1% de la radiación natural de fondo media y menos de una décima porcentual de los niveles de radiación de fondo normalmente elevados en muchas partes del mundo. Esas consideraciones respaldaron la idea de que podían considerarse triviales las dosis de este orden.

En cuanto al principio de optimización, el OIEA/AEN señaló que una práctica podía considerarse candidata a la concesión de exenciones, si el resultado de la evaluación de optimización arrojaba que la exención era la opción óptima desde el punto de vista de la protección radiológica. Además, un factor que debía considerarse en la optimización de la protección eran los recursos necesarios para la regulación. Sobre la base del costo-beneficio el OIEA /AEN sugirió que si la dosis colectiva comprometida durante un año de práctica no regulada era de menos de 1 sievert-hombre aproximadamente o 1000 milisieverts-hombre, el detrimento esperado sería suficientemente bajo, de modo que permita la exención sin que medie un análisis más detallado de otras opciones. Ello no significa que no se pueda eximir una práctica que origine una dosis colectiva mayor; más bien, en esos casos, habría que demostrar que la exención es la solución óptima desde el punto de vista de la protección radiológica. No obstante, cabe señalar que el criterio de dosis colectiva no ha sido, en general, un factor determinante en la exención de las prácticas.

Esos criterios de dosis y el requisito de seguridad intrínseca han sido internacionalmente

aceptados como fundamento para la exención de las prácticas del control regulativo y fueron incorporados en las NBS. Esos criterios fueron traducidos en niveles específicos para radionucleidos que pueden aplicarse directamente. Al hacerlo, el concepto de exención se perfeccionó aún más de la siguiente manera: i) por práctica se considera el uso de radionucleidos para un fin específico (no se tuvieron en cuenta las industrias que procesan grandes cantidades de minerales o materiales de origen radiactivo con fines distintos de sus propiedades radiactivas); ii) las prácticas candidatas que implican el uso de radionucleidos en pequeña escala, por ejemplo, en la investigación médica y otros (las prácticas relacionadas con grandes cantidades de radionucleidos, como las instalaciones nucleares, no pueden ser "intrínsecamente seguras"); y iii) los criterios de dosis se aplican a individuos que trabajan en la práctica, así como a los miembros del público expuestos de manera incidental a las descargas. Sobre la base de esas hipótesis, se diseñó un conjunto de escenarios de exposición, que se utilizó para derivar las concentraciones y las cantidades totales de radionucleidos que se correspondían con los criterios de dosis. Esos niveles derivados específicos para radionucleidos se incluyen en la Adenda I de las NBS (los mismos valores también fueron incorporados en las Normas Básicas de Seguridad de Euratom). Su uso permite la exención automática de los requisitos de las NBS, salvo que la práctica debe estar justificada; es decir, no se debe invocar la exención para permitir el uso insensato o injustificado de los radionucleidos.

Así, una práctica eximida de esa manera no queda fuera del sistema de protección radiológica

ni del ámbito del sistema de regulación. Más bien, la exención se refiere a los aspectos administrativos del sistema de regulación. No debe exigirse la intervención de la regulación en ninguna etapa de la práctica, y ello incluye la disposición final de cualesquiera desechos resultantes.

No obstante, cabe señalar que todos los escenarios de exposición utilizados para calcular los niveles específicos para radionucleidos presumieron el uso de radionucleidos en pequeña escala y, por tanto, de desechos con pequeñas cantidades de radiactividad. No se analizaron explícitamente las situaciones que suponen grandes volúmenes de desechos con concentraciones de actividad muy baja, como puede ocurrir durante la clausura de las instalaciones nucleares. Si se utilizan los niveles de exención específicos para radionucleidos en situaciones de ese tipo, teóricamente se podrían recibir dosis superiores a los niveles triviales (aunque probablemente no superiores al límite de dosis para los miembros del público).

La Adenda I de las NBS también estipula la exención condicional de los materiales radiactivos que no están previstos en los ya mencionados niveles específicos para radionucleidos (dichas exenciones pudieran utilizarse perfectamente en la disposición final de artefactos, como detectores de humo, que contienen pequeñas cantidades de americio 241). También reconoce que al establecer las exenciones condicionales, la autoridad reguladora puede fijar condiciones, por ejemplo, en cuanto a la forma física o química y al uso o la disposición final del material radiactivo, de manera que se cumplan los principios generales de exención de una práctica. Como norma, debe observarse que al hacer uso de la *exención*, es importante expresar de "qué" se está eximiendo la

práctica. En general, si no se indica otra cosa, por exención se entiende la exención de todos los requisitos de las NBS, salvo el requisito de justificación de la práctica.

EL CONCEPTO DE DISPENSA

Las NBS también se valen del concepto de *dispensa*. En tanto que la *exención* se utiliza como parte de un proceso para determinar a priori el carácter y el alcance del sistema de registro o concesión de licencias a una práctica, la *dispensa* --según el lenguaje de las NBS-- quiere decir exención *a posteriori*, es decir, *exención*, desde dentro del sistema, de las fuentes que, por una razón u otra, están sometidas al control regulativo y no deberían continuar estándolo. Por tanto, en el glosario de las NBS se define *dispensa* como: *"Liberación de materias u objetos radiactivos, adscritos a prácticas autorizadas, de la aplicación de todo control ulterior por parte de la autoridad reguladora."* Además, las NBS señalan que la *dispensa* está sujeta a niveles de *dispensa* que son *"Valores, establecidos por la autoridad reguladora y expresados en forma de concentración de la actividad y/o actividad total; cuando las fuentes de radiación satisfacen esos valores u otros más bajos, pueden ser liberadas del control regulador."*

Aunque la intención de las NBS era limitar el concepto de *dispensa* a una exención administrativa desde dentro del sistema, la palabra misma no ayudó a transmitir la idea prevista. La palabra "clearance" tiene diferentes significados en inglés sin traducción directa a otros idiomas. En las ediciones en otros idiomas de las NBS, por ejemplo, se tradujo como "liberation" en francés y como "dispensa" en español. No es extraño que ello condujera a

diferentes interpretaciones del concepto y a cierta confusión.

Un uso distinto del término "clearance" se refiere a la liberación de materiales radiactivos al medio ambiente. Mientras que algunos de los desechos generados por las prácticas exigirán aislamiento en una instalación adecuada, otros pueden ser candidatos a la liberación al medio ambiente.

En general, las emisiones controladas de materiales radiactivos procedentes de las prácticas aprobadas se rigen por una autorización. Dichas autorizaciones pueden estar sujetas a condiciones que incluyan, por ejemplo, en el caso de descargas de efluentes, los requisitos de vigilancia ambiental, evaluación retrospectiva de las dosis del grupo crítico, y otros. Cuanto más bajas sean las dosis evaluadas para los miembros del público, menos estrictos probablemente serán los requisitos. Sería sensato definir algún punto en este espectro donde no existan tales requisitos. Este punto define un concepto de "clearance" sutilmente distinto: es la liberación de materiales, cuyo nivel de actividad es suficientemente bajo como para que no sea necesaria ninguna forma de intervención de regulación después de la liberación para verificar que el público está bien protegido. (Véase el gráfico de esta página.) Esta intervención regulativa podría ser un requisito para la vigilancia del medio ambiente o, en el caso del material sólido, la especificación del destino del material liberado o el uso a que debe destinarse. Los criterios de dosis elaborados para exención/dispensa podrían igualmente aplicarse a este concepto análogo de "dispensa". Desde el punto de vista jurídico, el término "dispensa" también se ha utilizado, como equivalente de límite inferior para la definición de desecho

ENFOQUE ESCALONADO EN LA LIBERACION AUTORIZADA DE DESECHOS



radiactivo. Los materiales, para los cuales no se prevé un uso futuro con niveles de actividad superiores a los niveles de *dispensa*, serían considerados desechos radiactivos; por otra parte, si los niveles de actividad de estos materiales están en los niveles de *dispensa* o por debajo de éstos, no serían considerados radiactivos a los efectos de la regulación.

Dentro de este acertijo de conceptos, que parecen equivalentes, pero que son sutilmente distintos, se han elaborado, y se siguen elaborando, *niveles de dispensa* para diversos materiales. En la Unión Europea, el Grupo del Artículo 31 formuló recomendaciones sobre los niveles de *dispensa* en relación con una serie de importantes radionucleidos presentes en metales procedentes del desmantelamiento de instalaciones nucleares. El OIEA ha elaborado niveles de *dispensa* para la liberación de materiales radiactivos provenientes de la medicina, la industria y las investigaciones y también está elaborando niveles de *dispensa* de aplicación general para cualquier material sólido. De esa manera, los niveles de *dispensa* para los radionucleidos más importantes se pueden encontrar en una serie de materiales diferentes.

Comparados con los valores derivados para la *exención*, los valores de *dispensa* tienden a ser más bajos. Una de las razones es que al derivar los niveles de *dispensa* suelen tenerse en cuenta cantidades mucho mayores de materiales que al derivar los niveles de *exención*.

Ha habido algunos debates en cuanto a si debe usarse un conjunto de valores específicos para radionucleidos, al autorizar tanto la *exención* de las prácticas como la *dispensa* de materiales de las prácticas reguladas. Ese enfoque tiene la ventaja de la sencillez; sería fácil de aplicar un conjunto de valores que podría ser interpretado como definición de material radiactivo, incluidos

los desechos radiactivos, para fines de regulación.

No obstante, existen argumentos en contra. Los valores para la *dispensa* se están derivando sobre la base de diferentes hipótesis y a veces para un propósito distinto de los derivados para la *exención*. Una de las consecuencias de seleccionar un conjunto de valores es que probablemente se seleccionen los valores disponibles más bajos. De todas maneras, quizás sea correcto escoger un conjunto de valores para los niveles de *dispensa*: un exceso de niveles, cada uno específico para un material o industria, provocará confusión. Otra posibilidad tentadora es

usar una fracción determinada de los niveles de *exención* publicados como nivel de *dispensa* genérico.

En la Conferencia Internacional sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos del OIEA, celebrada en marzo de 2000 en Córdoba (España), el Presidente de la CIPR, Prof. Roger H. Clarke, declaró que si desde el principio nos hubiéramos imaginado con qué complejo sistema íbamos a terminar y hubiésemos pensado en los diversos posibles escenarios, probablemente no habríamos tenido que hacer una diferenciación entre *exención* y *dispensa*. *Exclusión* y *exención* son palabras suficientemente

EXCLUSIÓN Y EXENCIÓN DE LA INTERVENCIÓN: RECOMENDACIONES DE LA CIPR

La CIPR ha ofrecido algunas recomendaciones específicas en relación con las intervenciones. Aunque estas recomendaciones no se refieren en particular a los desechos, pueden influir en los acuerdos internacionales sobre cómo manejar los desechos residuales de las intervenciones. En su *Publicación 60*, la CIPR planteó que para evitar restricciones innecesarias en el comercio internacional, especialmente en productos alimenticios, puede que sea necesario, en este contexto, aplicar niveles de intervención derivados que indiquen una línea de demarcación entre las exportaciones o importaciones libremente permitidas y las que deben estar sujetas a decisiones especiales. Cualesquiera restricciones que se apliquen a los bienes por debajo de los niveles de intervención --a este fin, es mejor denominar los niveles de *exención* de intervención-- deberán considerarse barreras artificiales interpuestas al comercio. El comercio de materiales por encima del nivel de *exención* de la intervención no debe prohibirse automáticamente, pero dichos materiales podrían estar sujetos a controles temporales. Los niveles de *exención* de la intervención que se usan de esta manera en el comercio internacional no deben tener necesariamente los mismos valores cuantitativos que los niveles de intervención utilizados para iniciar la acción en otras circunstancias. Esta importante recomendación, aplicable a las situaciones de exposición que incluyen productos básicos de uso público, se podría aplicar a los desechos existentes.

La presencia de radionucleidos de período largo en productos básicos de uso público, como los materia-

les de construcción, ha suscitado un animado debate sobre el ámbito de la protección radiológica. Cuando los radionucleidos son atribuibles a una práctica, sus niveles en dichos productos son controlados mediante el sistema de protección radiológica, de la CIPR, aplicable a las prácticas. En los demás casos deberían, como concepto general, someterse a intervención. A causa principalmente de la globalización de los mercados, es imposible establecer en cada caso por separado los niveles de *exención* de intervención para los radionucleidos presentes en los productos básicos; más bien, es preciso estandarizarlos. Un problema similar existe con los desechos residuales de las intervenciones. No es probable que varios tipos de productos básicos sean a la vez fuentes de alta exposición prolongada para un individuo dado. Basándose en esa hipótesis, la CIPR ha recomendado recientemente un *nivel de exención de intervención genérico* de 1 milisievert, aproximadamente, para la dosis individual anual esperada de un tipo de producto básico dominante, como algunos materiales de construcción, que pueden en ciertas circunstancias ser una causa significativa de exposición prolongada. Dado que algunos de estos productos básicos terminarán como desechos, cabría esperar que las recomendaciones también sean aplicables a esos desechos. Fundándose en esta recomendación, las autoridades nacionales y, cuando proceda, las organizaciones internacionales competentes deberían obtener por derivación *niveles de exención de intervención* específicos para radionucleidos, aplicables a cada producto

directas; tenemos criterios a ese respecto. Sin embargo, existen problemas con la dispensa, y quizás un término mejor sería "liberación autorizada" y la dosis máxima no tenga que ser 10 microsieverts anuales. Las descargas de radionucleidos se autorizan de manera tal que, según la más reciente recomendación pertinente de la CIPR, la dosis que reciban los miembros del público más expuestos no sobrepase el límite de dosis de 300 microsieverts anuales. No obstante, subrayó que no debemos andar buscando un "número mágico" único, porque existe todo un espectro de liberaciones autorizadas y son las situaciones lo que los reguladores aprueban.

PERSPECTIVAS PARA LA LABOR FUTURA

Para muchos resulta sorprendente que sea necesario continuar haciendo esfuerzos para llegar a un acuerdo internacional amplio sobre qué son "desechos radiactivos" a los fines de regulación. Si bien existe un acuerdo general sobre el significado y la aplicación de los conceptos de exención, dispensa y liberación autorizada (como se define en las NBS) en relación con los desechos provenientes de las prácticas, persisten los problemas en cuanto a la cabal interpretación del concepto de exclusión y, en especial, a la aplicación de los conceptos de exclusión y exención en relación con los desechos de

los NORM. En este contexto, se han ofrecido algunas sugerencias sobre las posibles formas de avanzar, pero es necesario sostener más debates para llegar a un consenso internacional.

Después de las intervenciones pueden quedar cantidades considerables de desechos radiactivos. Para esas situaciones se ha propuesto aplicar conceptos análogos a las exclusiones y la exención de las prácticas, como medio de evitar el control innecesario de dichos desechos residuales y también de establecer niveles aceptables de contaminación en los productos básicos que circulan en el comercio, procedentes de los países afectados por las

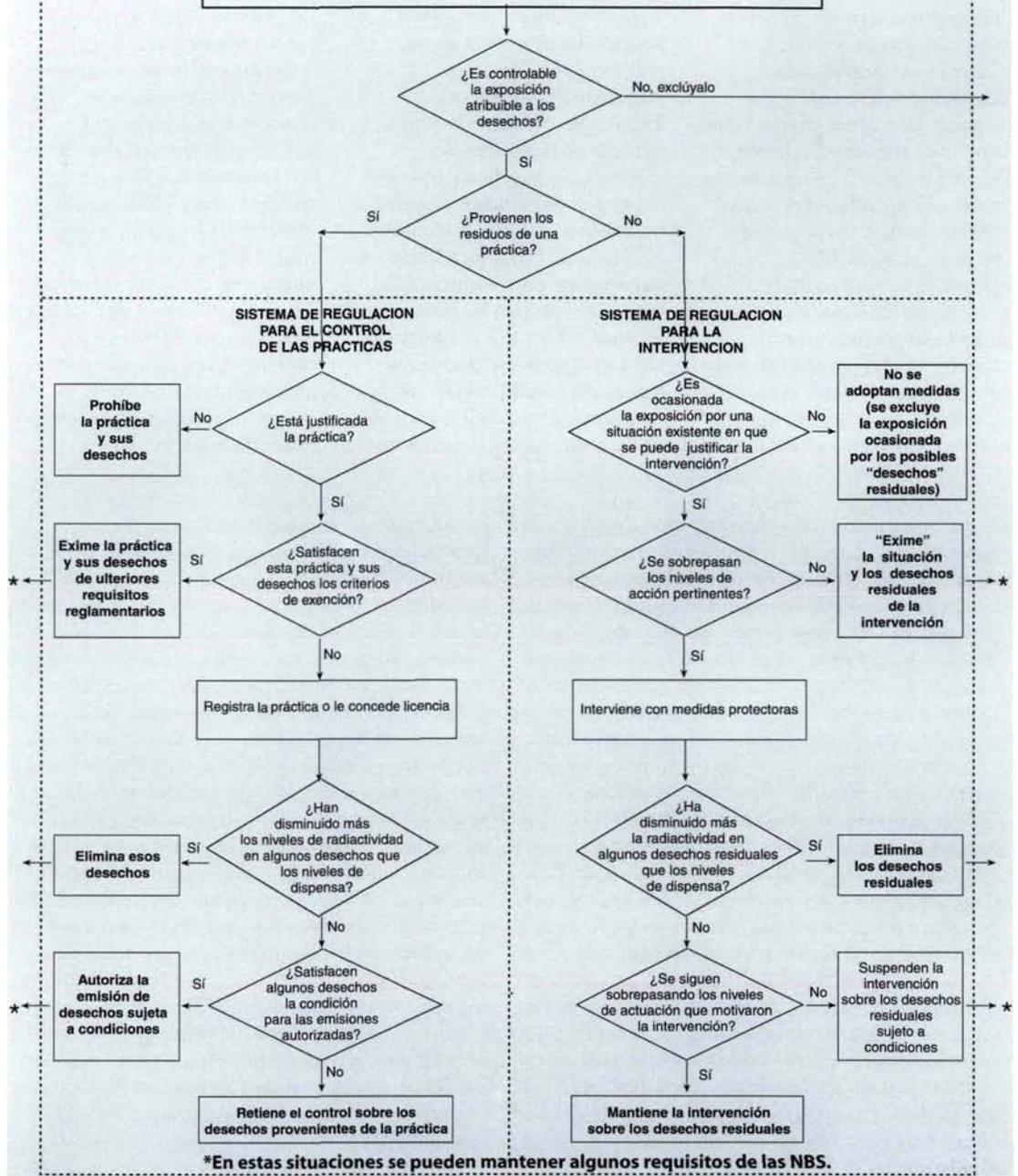
básico y en particular a determinados materiales de construcción. La CIPR hizo observar que los niveles de exención de intervención no deberían usarse implícitamente para flexibilizar los límites impuestos a la actividad de los radionucleidos que tal vez se emitan a causa de las prácticas; en particular, no deberían aplicarse para autorizar el reciclado de materiales resultantes de la cesación de prácticas, lo cual debería ser regulado por los criterios de exención de las prácticas.

Los productos básicos obtenidos en una zona afectada por las emisiones radiactivas resultantes de un accidente y que contengan sustancias radiactivas atribuibles a esas emisiones presentan una situación excepcionalmente difícil. Si los niveles de actividad correspondientes son mayores que los presentes en productos de zonas vecinas, podrían surgir problemas de aceptación en el mercado, en especial si esos productos circulan a través de fronteras. La Comisión OMS/FAO del Codex Alimentarius adoptó niveles de exención de intervención genéricos aplicables a los radionucleidos presentes en artículos alimenticios a consecuencia de un accidente. Estos niveles se han incorporado en las NBS. Darían lugar a dosis individuales de hasta unos pocos milisieverts por año en los consumidores de tales artículos.

Además, recientemente, en su *Publicación 82*, la CIPR también ha recomendado el uso de niveles de referencia genéricos para la actuación (o no actuación) en las situaciones de intervención. Estos niveles pueden expresarse convenientemente en función de la dosis anual existente en una situación determinada. Son particularmente útiles cuando se considera la posibilidad de intervención en situaciones de exposición a residuos radiactivos producidos en un pasado lejano. Sin embar-

go, la CIPR recomendó con prudencia aplicar los niveles de referencia genéricos con suma cautela. Si predominan obviamente algunos componentes controlables de la dosis anual existente, el empleo de los niveles de referencia genéricos no debería impedir la adopción de medidas protectoras para reducir estos componentes dominantes. Los niveles de referencia específicos o las decisiones sobre cada caso en particular de conformidad con los requisitos del sistema de protección radiológica para las intervenciones pueden dar lugar a estas medidas. Tampoco el uso de los niveles de referencia genéricos debería estimular "compensaciones recíprocas" de las medidas protectoras entre los diversos componentes de la dosis anual existente. Un bajo nivel de dosis anual existente no significa forzosamente que no deban aplicarse medidas protectoras a algunos de sus componentes; por otra parte, un alto nivel de dosis anual existente no exige forzosamente una intervención. Teniendo en cuenta estas salvedades, la CIPR considera la posibilidad de utilizar una dosis anual existente próxima a unos 10 milisieverts como nivel de referencia genérico por debajo del cual probablemente no sea justificable la intervención, y la convierte en un caso genérico para la exención de la intervención. No obstante, por debajo de este nivel, las medidas protectoras destinadas a reducir un componente dominante de la dosis anual existente siguen siendo opcionales y quizás justificables. En tales casos, se pueden establecer niveles de actuación específicos para determinados componentes tomando como base fracciones apropiadas del nivel de referencia genérico recomendado. Por encima del nivel debajo del cual probablemente no sea justificable la intervención, ésta quizás resulte necesaria y deba justificarse según sea el caso.

Examen de los desechos en el contexto de las Normas básicas internacionales de seguridad (NBS)



intervenciones. La CIPR ha formulado varias recomendaciones en ese sentido. (Véase el recuadro de las dos páginas anteriores.) Aunque esas recomendaciones están generalmente destinadas a las intervenciones *per se*, constituyen un marco útil de referencia para las actividades

futuras. No obstante, debe analizarse y debatirse aún más la aplicación de los criterios de exclusión y exención a los desechos residuales de la intervención. En particular, es necesario enfrentar la posible confusión que cabría esperar, si se liberan productos básicos por

exención de la intervención en una región donde los materiales también están siendo liberados de las prácticas por el mecanismo de dispensa.

Con esas salvedades presentes, el diagrama de esta página muestra un resumen simplificado de la situación actual. □

ESTABLECIENDO LOS LIMITES APROPIADOS CONTROL DE LAS DESCARGAS DE RADIONUCLEIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE

POR CAROL ROBINSON, TIBERIO CABIANCA,
CARLOS TORRES, Y GORDON LINSLEY

Las emisiones de radionucleidos hacia la atmósfera o las aguas superficiales, procedentes de instalaciones nucleares y de otro tipo que utilizan materiales radiactivos suelen estar sujetas a un riguroso control, a fin de proteger la salud de las personas que viven en el medio ambiente local y regional. Desde el decenio de 1970, el OIEA ha publicado orientaciones sobre el control de las descargas y, al hacerlo, ha explicado con más detalle las recomendaciones básicas de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR).

Recientemente, se examinaron y se actualizaron las orientaciones del OIEA relativas al control de las descargas, y se ha ampliado en conjunto el programa del Organismo sobre descargas radiactivas, ya que los Estados solicitaron información sobre las fuentes y cantidades de materiales que entran en el medio ambiente. En el presente artículo se resume la labor de asesoramiento que el Organismo recientemente ha llevado a cabo en esta esfera y se describen los logros alcanzados en sus programas.

ORIENTACIONES SOBRE EL CONTROL DE LAS DESCARGAS

En la nueva Guía de seguridad del OIEA, *Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment*, se actualizan las orientaciones anteriores

contenidas en la Colección Seguridad No. 77, publicada en 1986. En la versión actualizada se tienen en cuenta los principios expuestos en las Nociones fundamentales de seguridad sobre *Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources* (Colección Seguridad No. 120, 1996), así como los *Principios de la gestión de desechos radiactivos* (Colección Seguridad No. 111-F, 1995) y se interpretan los requisitos de las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS)* (Colección Seguridad No. 115, 1996).

Los conceptos básicos relativos al control de las descargas siguen sustentándose en los principios actuales de la protección radiológica, en los cuales se enuncia que:

- una práctica que entrañe, o pudiera entrañar, la exposición a las radiaciones, sólo se adoptará, si brinda suficientes beneficios a los individuos expuestos o a la sociedad para compensar los perjuicios radiológicos que causa, o pudiera causar, (principio de justificación de una práctica);
- las dosis individuales debidas a la combinación de exposiciones causadas por todas las prácticas pertinentes no excederán los límites de dosis especificados (principio de limitación de la dosis individual);

■ las fuentes de radiación y las instalaciones estarán dotadas de la mejor protección disponible en las circunstancias existentes, de suerte que las magnitudes de las exposiciones y el número de individuos expuestos se mantengan al nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, y de que se limiten las dosis que tales magnitudes ocasionen (principio de optimización de la protección).

Sin embargo, en la nueva Guía de seguridad se proporcionan más orientaciones prácticas sobre la regulación de las descargas que en sus antecesoras. Se explican las funciones del órgano regulador y las responsabilidades del explotador, que guardan relación con el control de las descargas. Se describen los procedimientos para determinar si se necesita autorización, así como los enfoques para establecer una forma de autorización apropiada. Se ofrecen los métodos para establecer los límites de descarga para las fuentes nuevas y existentes.

De acuerdo con las NBS, todo explotador que se proponga

La Sra. Robinson y el Sr. Cabianca son funcionarios de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA. El Sr. Torres es Jefe de la Sección de Descarga de los Desechos de la División y el Sr. Linsley es Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos de la División.

GUIA RESUMIDA SOBRE LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS EN RELACION CON LAS DOSIS PRONOSTICADAS PARA EL GRUPO CRITICO

Evaluación de la futura dosis máxima anual para el grupo crítico

REQUISITOS REGLAMENTARIOS EN RELACION CON LAS DESCARGAS	≤ 10 micro-sievert		> 10 micro-sievert
	EXENCION O NOTIFICACION	REGISTRO	LICENCIA
Condiciones recomendadas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuente intrínsecamente segura ■ Ningún requisito respecto de la vigilancia ambiental o de efluentes ■ Práctica que debe mantenerse sometida a examen periódico 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuente intrínsecamente no segura ■ Límites de descarga requeridos ■ Vigilancia de efluentes requerida ■ Práctica que debe mantenerse sometida a examen ■ Registro de descargas requerido 	<p>Autorización oficial con condiciones específicas vinculadas a la autorización con respecto a cualesquiera o a la totalidad de los aspectos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Límites de descarga ■ Vigilancia de efluentes ■ Vigilancia ambiental ■ Registros de la vigilancia ambiental y de efluentes ■ Notificación a la autoridad reguladora sobre la vigilancia
Instalaciones representativas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Laboratorios de investigación que utilizan técnicas de radioinmunoensayo ■ Hospitales que emplean estuches de pruebas de xenón 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pequeños hospitales e instalaciones de investigación y desarrollo que utilizan cantidades de radioisótopos limitadas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reactores nucleares ■ Instalaciones de reprocesamiento ■ Instalaciones de producción radiofarmacéutica

introducir (o discontinuar) una práctica "deberá presentar a la autoridad reguladora una notificación sobre ese propósito" y deberá solicitar al órgano regulador una autorización que deberá revestir la forma de una inscripción en registro o una licencia. En algunas circunstancias, no se requiere notificación ni, por tanto, tampoco autorización (si las exposiciones pueden considerarse excluidas de las NBS, o las prácticas o fuentes pueden declararse exentas de sus requisitos*).

Por consiguiente, una autorización es una forma de permiso emitido por el órgano regulador, en virtud del cual se autoriza al explotador a ejercer una práctica y descargar

materiales radiactivos en el medio ambiente. La forma de autorización apropiada para una situación específica está determinada, entre otras cosas, por la evaluación del riesgo para los miembros del público. Pueden otorgarse registros para las prácticas que entrañen riesgos asociados de bajos a moderados, y suelen expresarse en términos un tanto genéricos. La licencia está acompañada de requisitos y condiciones específicos.

En cuanto a las descargas en el medio ambiente, esas condiciones pudieran adoptar la forma de límites anuales o a más corto plazo a las descargas de determinados radionucleidos o a una suma debidamente ponderada de éstos. (Véase el cuadro para los ejemplos de las

condiciones relacionadas con diferentes formas de control de las descargas.)

En la Guía de seguridad, también se describen las responsabilidades de los titulares registrados y titulares licenciados durante la explotación, a saber, cuando proceda, el establecimiento y comportamiento de los programas de vigilancia de los efluentes y la radiación ambiental. (Véase el cuadro, donde se indica cuándo esos programas pueden ser necesarios.)

En resumen, la Guía de seguridad establece un enfoque escalonado en relación con el control regulativo sobre la base del nivel de riesgo que presente la descarga.

ORIENTACIONES SOBRE LA EVALUACION DE DOSIS

El Informe de seguridad titulado *Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the*

*La exclusión se refiere a toda exposición, cuya magnitud o probabilidad no sea, por esencia, susceptible de control aplicando los requisitos de las Normas, mientras que la exención implica que los riesgos radiológicos para los individuos y las poblaciones, originados por la práctica o la fuente declaradas exentas, sean tan bajos que carezca de objeto su reglamentación y que las prácticas y las fuentes declaradas exentas sean intrínsecamente seguras.

Environment (Colección de Informes de Seguridad No.19), contiene una metodología del OIEA para evaluar las dosis de radiación procedentes de las descargas en el medio ambiente. Reemplaza y amplía las anteriores orientaciones del Organismo en materia de elaboración de modelos, que figuran en la Colección Seguridad No. 57 (1982).

A diferencia del anterior, el presente Informe de seguridad es un manual independiente que describe una metodología sólida, pero conservadora, para la evaluación de dosis. Contiene un conjunto completo de los modelos y datos necesarios para vincular una tasa de descarga a una dosis, representativo de los miembros del público con probabilidad de ser los más expuestos debido a una operación determinada (el grupo crítico).

Las dosis colectivas también son pertinentes, y el Informe de seguridad contiene los factores de selección que permiten estimar las dosis colectivas de una descarga determinada. Se tiene el propósito de utilizar los modelos de evaluación descritos en este Informe de seguridad antes de que realmente se lleve a cabo una descarga, como parte del proceso de otorgamiento de una autorización. Por consiguiente, existe una estrecha relación entre este informe y la Guía de seguridad ya descrita.

El Informe de seguridad proporciona un sencillo enfoque de selección para evaluar el efecto de las descargas en la atmósfera y las aguas superficiales. Ofrece dos tipos de modelos para cada entorno, así como un procedimiento para determinar el tipo de modelo apropiado. Ese procedimiento se basa en la premisa de que, a dosis muy bajas, es probable que baste con una estimación de dosis pesimista muy sencilla, pero a medida que las dosis

aumentan, se necesitará una estimación de dosis más realista, lo que requiere un modelo más detallado.

El primer tipo de modelo se basa en la hipótesis de que el grupo crítico está localizado, continuamente, en el punto de descarga y que sus alimentos también provienen de ese punto. A todas luces, se trata de un enfoque muy pesimista. En el segundo tipo de modelo se tiene en cuenta la dilución y dispersión de materiales entre el punto de descarga y la ubicación del grupo crítico o de sus alimentos, así como las consiguientes transferencias de materiales entre los componentes ambientales (por ejemplo, entre el agua y los peces).

Existen modelos sencillos para la dispersión en la atmósfera que permiten estimar la concentración de radionucleidos en el aire, como función de la distancia desde el punto de descarga. A partir de esas concentraciones, es posible pronosticar la dosis externa provocada por los radionucleidos en las nubes, así como la dosis interna debida a la inhalación, utilizando los datos sobre los hábitos y los coeficientes de dosis que figuran en el Informe de seguridad.

Asimismo, se ofrecen los datos necesarios para estimar la concentración de radionucleidos en la tierra y la transferencia de radionucleidos al hombre a través de la cadena alimentaria. También se suministran los datos sobre los hábitos y los coeficientes de dosis necesarios para estimar las dosis externas procedentes de los depósitos terrestres y las dosis internas debidas a la ingestión.

Se ofrecen modelos sencillos que tienen en cuenta la dispersión de radionucleidos en los siguientes tipos de masas de aguas superficiales: ríos, estuarios, aguas costeras y lagos. Mediante esos modelos puede

pronosticarse la concentración de radionucleidos en el agua, lo que depende, entre otras cosas, de la distancia desde el punto de descarga. Esta información puede utilizarse para evaluar las dosis derivadas del agua potable, extraída de un punto determinado.

Asimismo, se suministra información sobre la distribución de radionucleidos entre el agua y los sedimentos, a partir de la cual la concentración de radionucleidos en las riberas de la masa de agua puede determinarse y emplearse para evaluar las dosis externas resultantes. En el informe también se ofrecen factores que vinculan las concentraciones en el agua a las concentraciones en los peces y los mariscos, así como los hábitos y los coeficientes de dosis necesarios para vincular las concentraciones y las dosis.

En el Informe de seguridad se ofrecen factores de multiplicación sencillos, calculados mediante los modelos ya descritos, así como algunas hipótesis normalizadas sobre las características de la descarga, la ubicación y los hábitos del grupo crítico. Esos factores permiten estimar las dosis del grupo crítico en un solo paso a partir de la información sobre los pronósticos de la tasa de descarga o de la concentración. También se incluyen más explicaciones detalladas y modelos de cálculo, que constituyen un instrumento de evaluación sencillo y flexible.

SISTEMA DE INFORMACION SOBRE LAS DESCARGAS MUNDIALES

El OIEA desarrolla un sistema de información sobre las descargas mundiales de radionucleidos en el medio atmosférico y acuático, la disposición final de desechos radiactivos en el mar y los

accidentes y las pérdidas en el mar, que implican la disposición final de materiales y desechos radiactivos; y residuos en el medio terrestre.

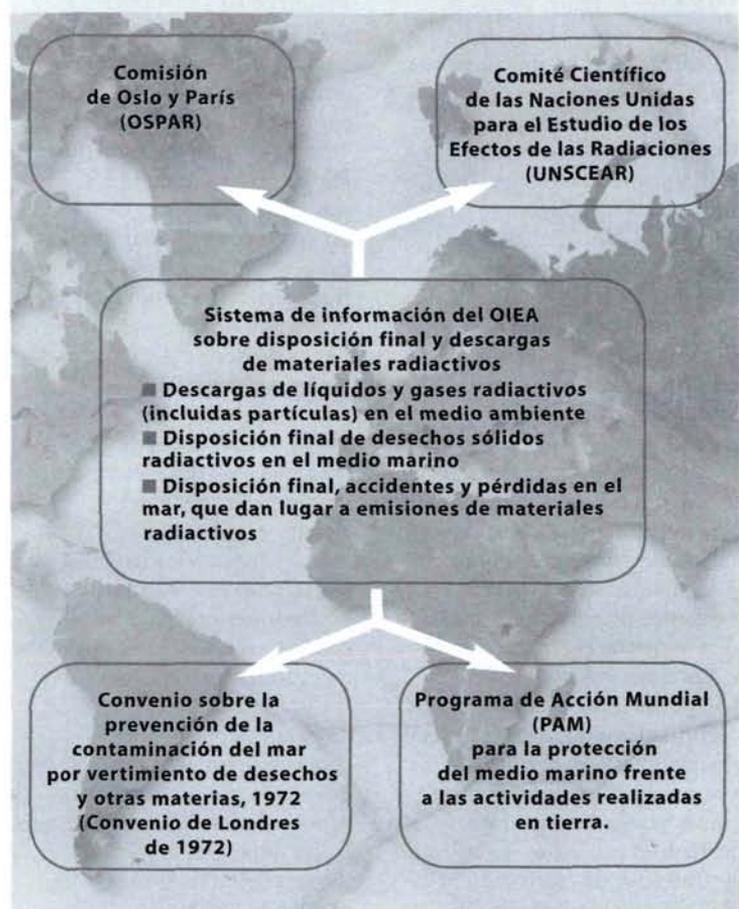
Con respecto a la disposición final en el mar, el OIEA ya publicó un documento (*Inventory of Radioactive Waste Disposal at Sea*, TECDOC-1105), y está en preparación un documento similar sobre accidentes y pérdidas en el mar.

Ese sistema formará parte integrante del intercambio de información sobre sustancias radiactivas que el Organismo lleva a cabo como parte de su compromiso con el Programa de Acción Mundial (PAM) para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En el quincuagésimo primer período de sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas, celebrado en 1996, se designó al OIEA organismo coordinador y centro de intercambio de información para cuestiones relacionadas con las sustancias radiactivas. Un centro de intercambio de información es un sistema de referencia destinado a proporcionar acceso a fuentes de información actuales, la experiencia práctica y los conocimientos especializados científicos y técnicos para impedir la degradación del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra y preservar y proteger el medio marino.

Por último, el sistema de información del Organismo contribuirá a apoyar la prestación de asesoramiento técnico a diversas organizaciones. (Véase la figura.) Entre estas organizaciones figuran el Convenio de Londres de 1972 (Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de

ORGANIZACIONES APOYADAS POR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL OIEA SOBRE DISPOSICIÓN FINAL Y DESCARGAS DE MATERIALES RADIATIVOS



desechos y otras materias), la Comisión de Oslo y París y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones (UNSCEAR). (Véase el recuadro de la página 49.)

PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE

Hasta la fecha, las políticas relativas a las descargas se han diseñado con el objetivo de proteger a los seres humanos de los efectos de las radiaciones ionizantes.

A raíz de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, en 1992, la atención internacional ha venido centrándose cada vez más en la necesidad de proteger

el medio ambiente, y más específicamente, la flora y la fauna, de contaminantes potencialmente perjudiciales.

Cabe prever que los debates actuales generen principios y criterios para proteger el medio ambiente de los efectos de las radiaciones ionizantes, y será preciso evaluar la repercusión de esos criterios en las políticas sobre el control de las descargas de radionucleidos.

Se espera que, mediante sus programas, el OIEA contribuya de manera significativa a facilitar el intercambio constructivo de experiencias y puntos de vista, así como a suministrar información objetiva, a medida que la comunidad internacional enfrente éste y otros desafíos. □

INFORME DEL AÑO 2000 DEL UNSCEAR SOBRE LOS NIVELES Y EFECTOS DE LAS RADIACIONES



El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones (UNSCEAR) es el órgano del sistema de las Naciones Unidas con el mandato de evaluar y notificar los niveles y efectos de las exposiciones a la radiación ionizante. El Organismo utiliza los resultados del UNSCEAR al desempeñar sus funciones estatutarias de establecer normas para la protección radiológica y prever su aplicación. En el otoño de 2000, el UNSCEAR deberá presentar un informe ante la Asamblea General de las Naciones Unidas. Las conclusiones del Comité sobre los niveles de exposición a partir de fuentes artificiales guardan relación con el programa de trabajo, actual y futuro del Organismo sobre el control de las descargas radiactivas en el medio ambiente, y se resumen en este contexto.

Las emisiones de materiales radiactivos en el medio ambiente se han producido debido a varias actividades, prácticas y sucesos en que intervienen fuentes de radiación. La principal contribución a las dosis colectivas que recibe la población mundial, a partir de las emisiones antropógenas de materiales radiactivos al medio ambiente, ha sido la de los ensayos de armas nucleares en la atmósfera. Esa práctica se llevó a cabo de 1945 a 1980.

Al preparar su informe para el año 2000, el UNSCEAR tuvo en cuenta la información nueva disponible sobre la cantidad y los resultados de los ensayos nucleares. De acuerdo con las estimaciones actuales del UNSCEAR, la dosis media anual efectiva en el mundo alcanzó un nivel máximo de 150 microsievert en 1963 y, desde entonces, las exposiciones de esa índole han disminuido a unos 5 microsievert, a partir de los niveles residuales de radionucleidos en el medio ambiente, principalmente de carbono 14, estroncio 90 y cesio 137. Las dosis medias anuales son 10% más altas en el hemisferio septentrional, donde se realizó la mayor

parte de los ensayos, y más bajas en el hemisferio meridional.

Según las estimaciones del UNSCEAR, las exposiciones locales y regionales, derivadas de todas las operaciones del ciclo del combustible nuclear (extracción y tratamiento, explotación de reactores y reprocesamiento del combustible) son actualmente de unos 0,9 sievert-hombre (gigavatio/año). Con una generación mundial de energía nuclear de 250 gigavatio/año, la dosis colectiva anual derivada de esta práctica es del orden de los 200 sievert-hombre. Se calcula que la exposición individual media anual correspondiente es de menos de 1 microsievert.

Además, el UNSCEAR ha estimado la dosis colectiva a partir de los radionucleidos dispersos en el mundo hasta la población mundial máxima proyectada dando por supuesto que, a la capacidad actual, la práctica de la producción nucleoelectrónica se limita a 100 años. La dosis máxima anual efectiva resultante per cápita que recibiría la población mundial sería de menos de 0,2 microsievert. Esas tasas de dosis para los individuos son muy inferiores a las exposiciones a la radiación natural.

Existen industrias que procesan o utilizan grandes volúmenes de materias primas que contienen radionucleidos naturales. Las descargas procedentes de esas industrias pueden dar lugar a mayores exposiciones de miembros del público. En el informe del UNSCEAR se indica que las exposiciones máximas se derivan de la producción de ácido fosfórico, el procesamiento normal de minerales y las centrales eléctricas alimentadas con carbón. Algunos residentes locales pueden recibir dosis anuales de unos 100 microsievert, aunque las dosis del orden de 1 a 10 microsievert son más comunes.

El UNSCEAR concluye que, excepto en caso de accidentes, en los cuales más zonas localizadas pueden tener niveles significativos de contaminación, no existen otras prácticas que ocasionen exposiciones importantes derivadas de la emisión de radionucleidos al medio ambiente.

Posibles prácticas futuras, como el desmantelamiento de armas, la clausura de instalaciones y los proyectos de gestión de desechos, pueden ser objeto de estudio a medida que se adquiera experiencia. No obstante, el UNSCEAR sugiere que todas ellas incluyan poca o ninguna emisión de radionucleidos y sólo provoquen exposiciones insignificantes.

Foto: A solicitud de sus Estados Miembros, el OIEA ha organizado varios estudios para evaluar la situación radiológica existente en antiguos polígonos de ensayos nucleares. (Cortesía: Pavlicek/OIEA)

VIGILANCIA DE DESECHOS EN EL MEDIO MARINO

El Laboratorio del OIEA para el Medio Marino, con sede en Mónaco, ha venido ejecutando varios proyectos relacionados con la gestión de desechos; a saber, los estudios sobre emisiones autorizadas de desechos radiactivos al medio marino procedentes de plantas de reprocesamiento y las investigaciones sobre posibles fugas de lugares de vertimiento de desechos radiactivos en el fondo del mar.

En el Laboratorio de Radiométrica del OIEA-MEL se ha introducido una innovación en la vigilancia de la radiactividad marina mediante el monitor gamma estacionario con transmisión de datos por satélite. El nuevo sistema de vigilancia fue desplegado desde abril de 1999 hasta febrero de 2000 en la bahía de Mónaco para comprobar el comportamiento de la transmisión de datos vía satélite y evaluar los resultados. Los sensores fueron desplegados unos metros por debajo de la superficie del mar sobre una estructura unida a una boya flotante, y generaron registros continuos a largo plazo de la actividad gamma en el agua de mar, la salinidad, la temperatura y la velocidad y dirección actuales. El sistema de vigilancia funcionó bien durante el período de prueba y alcanzó la sensibilidad proyectada de 4 Bq por metro cúbico para la concentración del cesio 137 en el agua. Será desplegado en el verano de 2000 en el mar de Irlanda para investigar el transporte a largo plazo de cesio en el agua de mar, liberado de la planta de reprocesamiento de Sellafield.

Otra labor recientemente concluida en el mar de Irlanda es la cartografía gamma *in situ* de los sedimentos del fondo marino provenientes del punto de descarga de Sellafield, a unos 15 kilómetros de la costa. El total de la superficie de mar abarcada fue de unos 400 kilómetros cuadrados. Se obtuvo un mapa de alta resolución de la distribución del cesio 137 en el sedimento. Ello habría requerido cientos de puntos de muestreo y miles de análisis de los sedimentos, si los datos para elaborar el mapa se hubiesen obtenido mediante los trabajos de laboratorio.

Se ha concluido la labor sobre la investigación de posibles emisiones de radionucleidos procedentes de vertederos de desechos radiactivos en el

océano Pacífico noroccidental. Los resultados alcanzados han demostrado que, en los lugares visitados, no se observaron fugas que pudieran atribuirse al vertimiento de desechos radiactivos. La elaboración de modelos y la labor de evaluación radiológica, que abarcan los efectos de los desechos radiactivos líquidos vertidos en la superficie marina, así como los desechos sólidos vertidos en el fondo del mar, han

revelado que sólo la población local podría recibir dosis de radiación insignificantes.

Durante la primera reunión del proyecto coordinado de investigación sobre "Estudios de la radiactividad marina mundial", se creó un sistema geográfico de evaluación de la radiactividad marina en los océanos y mares del mundo. Se escogieron isótopos de tritio, carbono 14, estroncio 90, yodo 129, cesio 137, plutonio y americio en representación de los radionucleidos antropógenos en el medio marino y se establecieron sus principales modalidades de distribución. La evaluación de las fuentes de radiactividad marina antropógena ha indicado que la precipitación radiactiva mundial sigue siendo la fuente dominante en los océanos, aunque en algunas regiones las emisiones de las plantas de reprocesamiento (por ejemplo, en los mares de Irlanda y del Norte) y el accidente de Chernóbil (los mares Báltico y Negro) han superado las contribuciones de la precipitación radiactiva mundial.

La Base de datos mundial de radiactividad marina (GLOMARD) está en fase de desarrollo, y almacenará todos los datos disponibles sobre las concentraciones y la distribución de radionucleidos en el medio marino.



Foto: En agosto de 2000, el Instituto de Protección Radiológica de Irlanda, en colaboración con el Servicio de Medio Ambiente y Patrimonio de Irlanda del Norte y el OIEA, desplegó una boya experimental en el mar de Irlanda, equipada con un detector de radiaciones capaz de medir continuamente la contaminación radiactiva en el agua de mar. (Cortesía: OIEA-MEL)

PREPARACION PARA LA ETAPA FINAL

RESIDUOS RADIATIVOS PROCEDENTES DE LA CLAUSURA NUCLEAR

POR DENNIS REISENWEAVER Y MICHELE LARAIA

Durante los últimos 50 años, la industria nuclear ha madurado. Muchas de las instalaciones conexas fueron originalmente diseñadas para una vida operacional efectiva de entre 40 y 50 años, y ya han llegado al final de su duración.

Más de 800 instalaciones relacionadas con la producción de energía y el ciclo del combustible tendrán que ser clausuradas en su momento, como por ejemplo, centrales nucleares, plantas de reprocesamiento, instalaciones de almacenamiento provisional, plantas de enriquecimiento y plantas de tratamiento del uranio.

Aproximadamente otros 400 reactores de investigación requerirán algún tipo de clausura. Cuando se añaden las empresas comerciales y universidades que utilizan material radiactivo, la cifra aumenta a varios miles de instalaciones, sin incluir muchos de los complejos auxiliares asociados a antiguos emplazamientos destinados a la producción de armas nucleares.

¿QUE ES LA CLAUSURA?

Por clausura se entiende las medidas que se toman para poder suprimir una parte o la totalidad de los controles regulativos impuestos a una instalación que ha utilizado materiales radiactivos. Esas

medidas son de índole administrativa y técnica y deben llevarse a cabo para demostrar que la instalación que ha utilizado materiales radiactivos puede ser liberada para usarla sin restricciones o para reutilizarla de algún modo. Estas medidas pueden incluir el desmantelamiento de un sistema o de todo un edificio, o pueden ser sencillamente algunas actividades de descontaminación y un estudio radiológico para demostrar que la instalación tiene condiciones aceptables.

La mayoría de las personas cree erróneamente que la clausura comienza cerca del final de la vida de la instalación, cuando se inicia la labor de desmantelamiento o descontaminación. En realidad, la clausura es un proceso que comienza durante el diseño inicial de la instalación al incluir características que facilitarán la labor subsiguiente de desmantelamiento y descontaminación. Estas podrían ser la colocación de compuertas en los pisos y paredes de hormigón para poder extraer grandes piezas de equipo, utilizando un blindaje biológico modular, o revistiendo una celda de proceso u otra zona que podría contaminarse durante la vida de la instalación. El proceso de clausura continúa durante toda la vida de la central hasta que las condiciones permitan eliminar los controles regulativos.

Hay diversas razones que explican por qué en una instalación o sistema pueden suprimirse definitivamente los controles regulativos. Puede ser por un cambio en la política gubernamental, que no permite la utilización de materiales radiactivos, o que imposibilita que se sigan usando, o por problemas de seguridad que motivan la discontinuación de una actividad en la que se utilizaban materiales radiactivos. La tecnología inicial que utilizaba materiales radiactivos podría tornarse obsoleta o poco económica. Es posible que un determinado programa de investigación hubiera logrado sus objetivos y que ya no se requiriera el equipo o los materiales que contienen nucleidos radiactivos; o puede haber otras razones para querer realizar las actividades de clausura definitiva, como son un accidente o un suceso imprevisto.

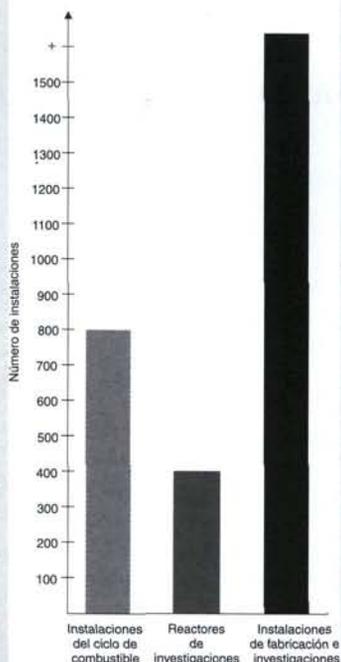
Independientemente de cuál sea la razón, el proceso de clausura debe ser cuidadosamente planificado y ejecutado de manera segura y económica.

Al planificar las medidas requeridas para la clausura,

El Sr. Reisenweaver es funcionario de la División del OIEA de Seguridad Radiológica y de los Desechos, y el Sr. Laraia es funcionario de la División de Tecnología del Ciclo del Combustible Nuclear y de los Desechos, del Organismo.

CLAUSURA NUCLEAR

INSTALACIONES QUE DEBEN SER CLAUSURADAS



Se calcula que unas 2800 instalaciones nucleares en todo el mundo deben ser clausuradas en los decenios venideros por una u otra razón.

Por lo general, las razones para clausurar una instalación nuclear son:

- Cambio en la política gubernamental
- Tecnología obsoleta
- Explotación poco económica de la instalación
- Suceso o accidente imprevisto
- Cuestiones de seguridad
- Terminación del programa

Existen tres opciones principales para la clausura:

- Desmantelamiento inmediato de la instalación
- Almacenamiento seguro de la instalación
- Sepultamiento de la instalación

existen tres opciones principales: el desmantelamiento inmediato de la instalación, el almacenamiento seguro, o el desmantelamiento diferido y el futuro sepultamiento de la instalación. Cada una de esas opciones tiene ventajas y desventajas que deben tenerse en cuenta al trazar la estrategia adecuada para las actividades que conduzcan a la ulterior clausura.

■ La opción del desmantelamiento inmediato permite que en la instalación se elimine el control regulativo poco después del cierre o terminación de las actividades reglamentadas. Por lo general, el desmantelamiento definitivo o las actividades de descontaminación comienzan en el plazo de unos meses o años, según la instalación.

La central nuclear de Fort St. Vrain de los Estados Unidos y el reactor de investigaciones ZEEP del Canadá, son ejemplos que ilustran una ejecución satisfactoria de esta opción. Ya ninguna de esas dos instalaciones se encuentra sometida al control regulativo.

■ La opción del almacenamiento seguro aplaza la eliminación definitiva de los controles por un período más largo, que suele ser de 40 a 60 años. La instalación se pone en un régimen de almacenamiento seguro hasta que se realicen las actividades posteriores de desmantelamiento y descontaminación. Este es el caso de la central nuclear de Berkeley, del Reino Unido. En estos momentos el reactor reproductor rápido BN-350 de Kazajstán se pone en un

régimen de almacenamiento seguro durante 50 años.

■ La opción del sepultamiento entraña acondicionar la instalación de manera que los materiales radiactivos restantes puedan permanecer en el emplazamiento sin que nunca sea necesario extraerlos totalmente. En esta opción suele requerirse reducir el tamaño de la zona donde están ubicados los materiales radiactivos y después crear un monolito u otra estructura que durará por el período que garantice que la radiactividad restante ya no es motivo de preocupación. La mayoría de los reguladores no se inclinan por esta opción, ya que ésta equivale a permitir que en el emplazamiento se ubique una instalación para la disposición final de desechos radiactivos de actividad baja. La central nuclear de Hallam, Estados Unidos, constituye un ejemplo de la aplicación de esta opción.

ORGANIZACION Y GESTION

Las operaciones de clausura suelen comenzar en emplazamientos que ya cuentan con el personal encargado de la explotación. Para clausurar una instalación pueden adoptarse dos enfoques generales que tienen efectos sustanciales para la organización del proyecto. El primer enfoque consiste en que el titular de la licencia efectúe la clausura con recursos internos complementados por contratistas especializados según se requiera. El segundo enfoque se basa en que el titular de la licencia contrate a una organización externa experimentada para realizar las actividades de clausura y después proporcionar servicios de apoyo y vigilancia generales.

Cada enfoque tiene sus ventajas y desventajas. Si el titular de la licencia efectúa la actividad de clausura, se utiliza

al máximo el personal existente con amplia experiencia práctica.

Algunas de las actividades de clausura son similares a las de mantenimiento, para las cuales ya existen procedimientos establecidos. Un ejemplo es que durante la explotación de una central, los componentes se extraen y se reemplazan como una actividad normal. La utilización del personal existente da continuidad al trabajo local. Ahora bien, algunos de los empleados más experimentados tal vez abandonen la central porque consideren que su trabajo terminará cuando finalice la clausura, y acudan a otros emplazamientos donde haya nuevos empleos o perspectivas de carrera a largo plazo.

La desventaja de utilizar a antiguos empleados en la actividad de clausura está en que es posible que ese personal tenga dificultades para aceptar los cambios culturales necesarios, cuando la central cambia del modo operacional al modo de clausura, por ejemplo, de operaciones ordinarias a tareas especiales que requieren más preparación. Esto hace que esos empleados sean menos eficientes que una organización que realiza las actividades de clausura ordinariamente.

Incluso con el enfoque de los recursos internos, es inevitable que se utilicen, al menos, algunos contratistas en el emplazamiento. Podrían ser entre uno y dos contratistas especializados (por ejemplo, para el corte del plasma) o, en el otro extremo, utilizar contratistas en determinadas zonas del emplazamiento. El grado de utilización de contratistas dependerá de la política de retención del personal, el costo y la disponibilidad de contratistas adecuados.

Cuando se emplea a un contratista externo para realizar las actividades de clausura, el

titular de la licencia mantiene una pequeña dotación de personal debido a la función de vigilancia que desempeña. El contratista externo asume el control de las principales partes de la instalación y vela por que las actividades se realicen en condiciones de seguridad y conforme a los requisitos regulativos. Durante las actividades de descontaminación y desmantelamiento, esos contratistas experimentados suelen ser más eficientes que el personal interno, ya que realizan esas actividades de manera habitual y están más familiarizados con las tecnologías disponibles que se pueden utilizar para ayudarlos en su labor, por ejemplo, en la descontaminación de paredes y pisos de hormigón. El contratista también puede utilizar a cualesquiera subcontratistas que se puedan necesitar, los cuales probablemente serán menos que si el titular de la licencia realiza las actividades de clausura.

Cuando se utiliza a contratistas, el titular de la licencia continúa manteniendo el control del proyecto. Para mantener ese control, el titular deberá estar en contacto permanente con el contratista para velar por que se cumplan todos los requisitos de seguridad y regulativos, y que se logren los objetivos del proyecto. Es importante que el titular esté familiarizado con los diversos mecanismos de contratación, a fin de minimizar el riesgo de incurrir en gastos excesivos. Los recursos y los conocimientos especializados necesarios para la labor de vigilancia pueden ser significativos.

El régimen de concesión de licencias parte de la premisa de que el titular de la licencia controla día a día la instalación, los procesos, las actividades y a quién se subordina el personal que dirige la explotación de la

instalación. El titular es un "cliente inteligente" que recibe los servicios que prestan los contratistas. Esto seguirá siendo necesario durante los períodos de cuidado y mantenimiento, así como del almacenamiento de desechos. Por consiguiente, el titular deberá ser capaz de demostrar que cuenta y que contará con una organización adecuada para el desempeño de esas responsabilidades hasta que la instalación sea finalmente liberada del control regulativo y haya concluido su período de responsabilidad.

CUESTIONES RELACIONADAS CON PREOCUPACIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD

Algunas cuestiones están relacionadas con preocupaciones por la seguridad, que deben ser abordadas durante la elaboración del plan de clausura y el proceso de planificación. Esas cuestiones pueden tener un extraordinario efecto en la selección de la opción futura.

En la mayoría de los casos, una conclusión no resuelta de esas cuestiones conduce a que se ponga a la instalación en un modo de almacenamiento seguro y a que se aplacen las actividades de descontaminación final y de desmantelamiento.

■ La primera cuestión es la falta de un emplazamiento para la disposición final o el almacenamiento que acepte los desechos generados durante las actividades de descontaminación o desmantelamiento. No es una buena práctica producir desechos radiactivos, si no existe una política nacional para la gestión de desechos ni una instalación disponible para la manipulación y la disposición final de esos desechos. Mucho se recomienda que se cuente con una instalación para todas las corrientes de desechos que se generarán durante la clausura.



■ La segunda cuestión es la falta de fondos para realizar las actividades que conducirán a la eliminación de los controles. Puede haber varias razones que expliquen por qué no se dispone de los fondos necesarios para la clausura cuando la instalación está parada. Puede ser que la instalación haya sido cerrada prematuramente antes de que se hubieran reunido todos los fondos. También puede ser que falten fondos debido a una planificación deficiente o a la ausencia de un requisito nacional relativo a una planificación financiera prudente. La otra causa puede ser que las condiciones políticas hayan cambiado como en el caso de algunos países de la ex Unión Soviética, y no se disponga de fondos para concluir el proceso de clausura.

Independientemente de la razón que sea, la falta de financiación puede ocasionar

muchas demoras en el proceso y puede tener efectos significativos para la seguridad durante la solución de este problema.

■ La tercera cuestión es mantener los conocimientos “corporativos” durante la explotación de la instalación y hasta que la instalación, en su momento, sea liberada del control regulativo. Esto puede ser especialmente difícil, si se selecciona un largo período de almacenamiento seguro que abarque una etapa que exceda la vida laboral normal de una persona.

Sin los conocimientos prácticos sobre los sistemas y los accidentes o incidentes que ocurrieron durante la vida de la central, el proceso de planificación se dificulta más y pueden producirse posibles situaciones desconocidas o inesperadas durante las futuras

actividades de descontaminación o desmantelamiento.

PLANIFICACION PARA LA RETIRADA DEL SERVICIO

Los desechos radiactivos son un legado inevitable de las operaciones nucleares y su gestión debe realizarse en condiciones de seguridad. A medida que las instalaciones se acercan al final de su vida operacional, las tareas relativas a su clausura cobran mayor importancia.

Por conducto de los programas del OIEA, los Estados comparten experiencias e información sobre seguridad y los aspectos tecnológicos de las actividades de clausura requeridas para las diversas instalaciones nucleares. Como se prevé que más instalaciones queden fuera de servicio, en los próximos años esos servicios y actividades pueden proporcionar un valioso apoyo a los países, en lo que respecta a la preparación, planificación y ejecución de programas para la gestión segura de los desechos radiactivos relacionados con las actividades de clausura. □

Foto: En Alemania, corte de la tapa de la vasija de un prototipo de reactor durante operaciones de desmantelamiento. La planificación adecuada de la clausura puede resultar en una considerable reducción de desechos. En todo el mundo, más de 800 instalaciones de producción de energía nucleoelectrónica e instalaciones conexas deberán ser clausuradas con el tiempo.

CUESTIONES DE SEGURIDAD EN LA DISPOSICION FINAL DE DESECHOS RADIOACTIVOS SOLIDOS

EVALUACION DE ENFOQUES

POR KEN BRAGG Y FERRUCCIO GERA

La gestión segura de los desechos radiactivos, procedentes de todas las etapas del ciclo del combustible nuclear, es un importante aspecto técnico, económico y social. Además, es importante ocuparse del asunto de los desechos generados por el uso de materiales nucleares en la medicina, las investigaciones y la industria. En algunos países el tema de cómo acometer la gestión de esos desechos ha sido polémico y podría influir en el futuro empleo de esas tecnologías. El presente artículo trata de la disposición final de los desechos sólidos, prestando atención especial a las cuestiones de seguridad.

La diferencia fundamental existente entre la disposición final y otras operaciones de la gestión de desechos, como el almacenamiento o el acondicionamiento, estriba en que la disposición final está destinada a ofrecer una solución permanente y definitiva para los desechos, a la vez que protege a las personas y al medio ambiente contra cualquier daño. No hay intención de recuperar los desechos después de su disposición final, pero en el caso de los desechos sólidos colocados en una instalación para su disposición final, usualmente es posible hacerlo, si fuese necesario, en el futuro.

En los últimos decenios, se han propuesto varias opciones para la disposición final de los desechos radiactivos sólidos, entre ellas, la disposición final cerca de la superficie; la disposición final geológica en profundidad; y la disposición final en el lecho o debajo del sublecho marino.

El Convenio de Londres, concertado en 1972, prohíbe actualmente la disposición final de desechos radiactivos sólidos en el mar. Por tanto, ahora sólo existen dos opciones generales para la disposición final.

Una decisión fundamental que es preciso tomar cuanto antes en relación con la gestión de desechos, es qué tipos de desechos son apropiados para la disposición final en las diferentes clases de repositorios previstos en los planes nacionales sobre el tema. Lógicamente, esto debe dar lugar a la separación de los desechos en diferentes categorías sobre la base de los métodos de disposición final previstos.

Para la mayoría de los tipos de desechos, la característica distintiva es la longevidad de sus componentes radiactivos. De ahí que la disposición final de los desechos de período largo, cuya desintegración puede requerir de decenas de miles a cientos de miles de años para llegar a niveles prácticamente inocuos, deberá realizarse en repositorios geológicos, mientras los desechos de período corto pueden ser colocados en instalaciones para disposición final cerca de la superficie.

Independientemente de la longevidad de la radiactividad de los desechos, los repositorios se diseñan para que funcionen sobre la base de la combinación de los principios de aislamiento y contención. La contención supone la colocación de diversas barreras (forma y embalaje de los desechos, componentes tecnológicos, medios naturales, etc.) que se espera contengan los desechos durante un

período inicial. Como resultado de su degradación progresiva, puede producirse una lenta liberación y las aguas subterráneas pueden transportar la parte restante del inventario radiactivo inicialmente contenido en los desechos. Esto es lo que generalmente se considera que representa la evolución normal del sistema de disposición final. Para proceder a la puesta en marcha de una instalación de disposición final, también es preciso conocer el comportamiento de los componentes del sistema, y cómo las futuras variaciones podrían repercutir en el comportamiento de éstos. Este conocimiento se adquiere con las evaluaciones de la seguridad que deben inspirar suficiente confianza en que ahora y en el futuro se cumplirán las normas de seguridad para el sistema propuesto. La evaluación de la seguridad para la disposición final de desechos radiactivos es un proceso iterativo, que es preciso llevarlo a cabo con diferentes niveles de detalle en las etapas críticas del procedimiento de autorización. (Véase la figura de la página 56.)

Una práctica generalmente aceptada para las evaluaciones es la agrupación por pares de categorías de desechos junto con las opciones de disposición final. (Véase el cuadro de la página 57.) Se incluyen los escenarios genéricos de intrusión humana que se consideran pertinentes para los diferentes tipos de instalaciones

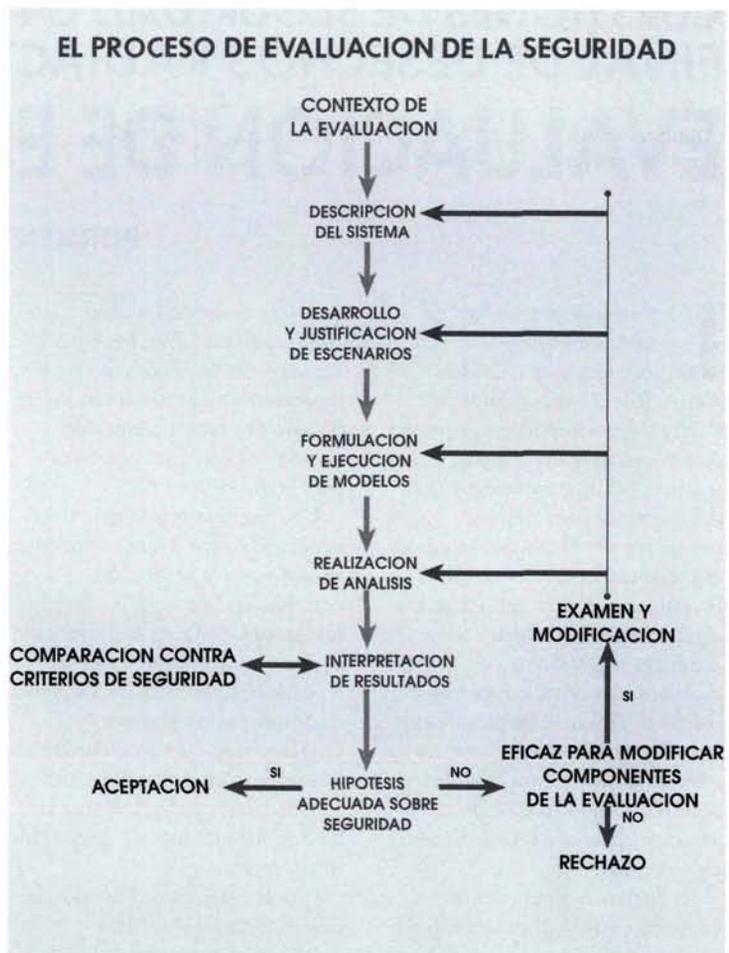
El Sr. Bragg y el Sr. Gera son funcionarios de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA.

destinadas a la disposición final, que se examinan con más detalle en las siguientes secciones.

DISPOSICION FINAL CERCA DE LA SUPERFICIE

La disposición final cerca de la superficie es una opción utilizada en el caso de los desechos radiactivos que contienen radionucleidos de período corto en cantidades que se desintegrarían hasta llegar a niveles radiológicamente insignificantes en unos cuantos decenios o siglos. En los repositorios cerca de la superficie también puede realizarse la disposición final de concentraciones aceptablemente bajas de radionucleidos de período largo. Existen dos tipos principales de instalaciones: a) instalaciones someras compuestas por unidades para disposición final ubicadas encima (montículos de tierra, etc.) o debajo (trincheras, fosos, etc.) de la superficie primaria del terreno; b) instalaciones donde se colocan los desechos a un poco más de profundidad en cavidades rocosas o pozos de sondeos. En el primer caso, la cubierta de los desechos suele tener unos cuantos metros de espesor, mientras en el segundo caso la capa de roca que cubre los desechos puede tener algunas decenas de metros.

Una de las características especiales de la disposición final cerca de la superficie es el requisito de asegurar que durante un tiempo determinado se ejerza control institucional sobre el emplazamiento del repositorio. El fundamento de este requisito es que los controles institucionales protegerán los desechos contra la intrusión humana y otros procesos que podrían provocar la pérdida de la integridad de las barreras de contención. En las evaluaciones de la seguridad de esas instalaciones se examinan comúnmente diversos escenarios, incluida la intrusión humana debida a la construcción de viviendas, la agricultura, la perforación de pozos de agua para



el consumo, así como la construcción de caminos y de estructuras comerciales. Cuando los resultados de las evaluaciones de la seguridad indiquen que los diversos escenarios tendrían consecuencias radiológicas por encima de los límites de dosis y de riesgo normales, se requerirá el control institucional. Por razones de seguridad, este control institucional sólo terminará cuando las consecuencias previstas de los escenarios --las cuales se intentan evitar con el control institucional-- satisfagan las normas de seguridad.

A este respecto, es preciso adoptar una decisión clave en cuanto a cuál es la duración razonable del control institucional, que también es uno de los elementos decisivos para determinar los criterios de aceptación de los desechos para

el repositorio. Existe el consenso internacional, no bien definido, de que tal vez sea práctico establecer períodos de unos cientos de años. En algunos casos parecería que las decisiones de regulación adoptadas hasta la fecha entrañan la necesidad de ejercer controles institucionales por períodos mucho más largos. Ello crea problemas potenciales respecto a la credibilidad de un compromiso sin plazo definido y a la justificación ética de una carga a largo plazo de esa clase para las futuras generaciones.

Como en la mayoría de los escenarios de intrusión, con excepción de la perforación de pozos, sólo se penetra algunos metros bajo la superficie, el aislamiento a mayor profundidad podría tener la ventaja de que los requisitos del control institucional sean menos exigentes. Obviamente, ello

**OPCIONES DE DISPOSICION FINAL DE DIFERENTES TIPOS DE DESECHOS
Y ESCENARIOS DE REFERENCIA SOBRE INTRUSION HUMANA**

Opción de disposición final	Tipo de desecho	Escenarios de intrusión	Notas
Disposición final geológica; en rocas hospedantes estables, de poca permeabilidad, usualmente a una profundidad mayor que 200 m como mínimo.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Desechos de actividad alta. ■ Combustible gastado (si se declara desecho). ■ Otros desechos de período largo (los materiales radiactivos naturales (NORM) suelen excluirse por razones prácticas). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Perforación de bultos de desechos. ■ Perforación de los límites de los repositorios (no a través de los desechos). ■ Perforación de la zona de difusión de agua contaminada. ■ Extracción de mineral de un repositorio. 	Muy poca probabilidad de intrusión. Debe minimizarse seleccionando el emplazamiento y calcularse sobre la base de factores específicos de cada emplazamiento.
Cerca de la superficie; repositorio ubicado en cavidades rocosas.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Desechos de período corto y actividad baja e intermedia (DABI) ■ DABI que exceden los criterios de aceptación para disposición final somera. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Perforación de bultos de desechos. ■ Perforación de la zona de difusión de agua contaminada. ■ Extracción de mineral de un repositorio. 	La perforación cerca del repositorio puede formar parte de un escenario de evolución normal.
Instalaciones de mayor contención/pozos de sondeo.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuentes radiactivas en desuso. ■ DABI que exceden los criterios de aceptación para disposición final somera. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Perforación de bultos de desechos o perforación en sus proximidades. ■ Escenario residencial. 	Probabilidad de intrusión relativamente baja. Debe determinarse sobre la base de factores específicos de cada emplazamiento.
Cerca de la superficie; repositorios someros.	<ul style="list-style-type: none"> ■ DABI de período corto. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Escenario de construcción. ■ Escenario residencial. ■ Combinación de los escenarios anteriores. 	Cuando dejen de aplicarse los controles institucionales, la probabilidad de intrusión es alta.
Cerca de la superficie; para grandes volúmenes de materiales de período largo y actividad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Desechos de extracción y tratamiento de uranio y torio. ■ Otros NORM. 	Básicamente los mismos escenarios que para otras actividades de disposición final, cerca de la superficie, somera.	Igual que en el caso anterior. Por la longevidad de los desechos, la probabilidad de posible intrusión es la unidad.

tendrá que confirmarse en cada uno de los casos mediante la evaluación de la seguridad.

DISPOSICION FINAL GEOLOGICA

En el caso de los desechos de período largo que contienen radionucleidos artificiales --definidos en el proyecto de Glosario de Seguridad del OIEA como los desechos radiactivos que contienen importantes niveles de radionucleidos con períodos de semidesintegración mayores de 30 años-- la disposición final geológica en una instalación ubicada en una roca hospedante adecuada, a una profundidad de no menos de algunos cientos de metros, es la única solución viable. Ejemplos de esos desechos son el combustible gastado y los desechos de actividad alta procedentes del reprocesamiento

del combustible. Estos desechos --que contienen, por lo general, un 99 por ciento de la radiactividad total generada en el ciclo del combustible nuclear--, son productores de calor y su radiactividad es intensa. Otros tipos de desechos de actividad baja e intermedia también pueden contener niveles de radionucleidos de período largo demasiado elevados para su disposición final cerca de la superficie. En realidad, varios Estados Miembros han decidido resolver el problema de los desechos radiactivos de período largo y de actividad baja e intermedia, colocándolos en los mismos repositorios geológicos que los utilizados para el combustible gastado y los desechos de actividad alta. Otra solución escogida en algunos casos es la disposición final de, al menos, parte de esta clase de

desechos a unas cuantas decenas de metros de profundidad bajo la superficie.

Los repositorios geológicos suelen incluir diversas barreras artificiales sumamente fiables, además de un medio geológico profundo. Los radionucleidos tendrían que recorrer largas distancias para llegar al medio accesible, de ahí que se estime que no habrá consecuencias radiológicas durante muchos miles de años. El período que debe analizarse en la evaluación de la seguridad y el largo tiempo que debe transcurrir antes de calcular que ocurran las consecuencias radiológicas dan lugar a incertidumbre en los resultados previstos. Ello puede crear problemas al presentar las hipótesis de seguridad, tanto a los expertos como a los miembros legos del público. Muchas personas estiman

que las dosis o las estimaciones de los riesgos para periodos futuros muy lejanos no son creíbles, ya que la situación de la biosfera y los hábitos de las poblaciones humanas para ese entonces son imposibles de predecir. Ello las lleva a poner en tela de juicio las hipótesis de seguridad en su conjunto. Para vencer, al menos parcialmente, esta dificultad de comunicación, se analizan varios enfoques: el uso de biosferas estándar o estilizadas, el empleo de otros indicadores de seguridad basados en los flujos y las concentraciones de radionucleidos naturales, así como la investigación de análogos naturales que permitan apoyar las hipótesis de modelos utilizadas en las evaluaciones de la seguridad. No se espera que esos enfoques sustituyan los argumentos que suelen aducirse para demostrar que el sistema de disposición final puede garantizar de manera razonable una seguridad adecuada. Más bien estos argumentos adicionales parecen útiles, porque permiten basar una hipótesis de seguridad en múltiples fundamentos, lo que de por sí se considera positivo, ya que una hipótesis de seguridad de esa clase podría resultar más convincente para distintos sectores de la sociedad.

DESECHOS DE PERIODO LARGO Y MATERIALES RADIATIVOS NATURALES (NORM)

Existe una clase específica de desechos radiactivos de gran volumen que sólo contienen materiales radiactivos naturales de período largo, aunque de actividad específica relativamente baja. La mayor cantidad de estos desechos se origina en el tratamiento de los minerales de uranio para obtener el combustible que se emplea en la producción de energía nuclear. También existen grandes volúmenes de otros desechos con características similares, que se generan en otras actividades industriales como, por ejemplo, en

extracción de minerales de fosfato para producir fertilizantes o de hidrocarburos. Estos desechos se denominan desechos NORM (materiales radiactivos naturales). Por lo general, se cree que estos desechos no están en el sector nuclear y, por ende, no son controlados por los mismos órganos reguladores que se ocupan de otros desechos radiactivos, mientras que las colas de la extracción y el tratamiento del uranio se regulan como un tipo de desecho radiactivo en la mayoría de los países. Ello motiva que clases similares de desechos estén siendo reguladas en formas muy distintas.

El período largo de los radionucleidos contenidos en las colas de la extracción y el tratamiento y en otros desechos NORM parecería indicar la necesidad de un gran nivel de aislamiento. Sin embargo, en algunos países existen cientos de millones de toneladas de esos desechos, y la disposición final de todos ellos en los repositorios geológicos no es factible. Cuando eso no puede hacerse, los desechos se colocan en diques convencionales para colas procedentes de la extracción, utilizando sistemas de contención bien diseñados. Las características técnicas del sistema de contención aseguran que las liberaciones y las dosis normales que se generen satisfagan los criterios de dosis y de riesgo convencionales. Sin embargo, no puede esperarse que las barreras de contención mantengan su comportamiento inicial durante el período en que los desechos son peligrosos (cientos de miles de años). Además, existe el problema de las dosis inaceptables que se originarían debido a la intrusión. Como ya se analizó, los controles institucionales pueden disponer el mantenimiento de las barreras de contención y evitar las intrusiones mientras duren las barreras, aunque no probablemente durante el período que requeriría, en

última instancia, la longevidad del peligro radiológico.

NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS DESECHOS

Durante los últimos años, el OIEA ha sido consciente de la necesidad de determinar y, a la larga, armonizar los principios y criterios fundamentales que deberían aplicarse a la disposición final de los diversos tipos de desechos radiactivos. Esto no es tan fácil como podría parecer a primera vista. En ello intervienen marcos cronológicos muy variables, desde unas cuantas decenas de años hasta incluso cientos de miles de años. Para la mayoría de las personas es muy difícil comprender el significado de los marcos cronológicos más allá de unas cuantas generaciones. También es difícil hacer estimaciones del comportamiento a largo plazo de los componentes artificiales y naturales del sistema de disposición final que resulten convincentes para amplios sectores de la sociedad. Todavía más complicado es tratar de determinar el comportamiento de las personas y la sociedad a lo largo de esos períodos.

Sin embargo, algunos de los criterios propuestos obligan a hacer estimaciones de ambos criterios (por ejemplo, un criterio de riesgo exige el cálculo tanto de la probabilidad de algún suceso futuro como de sus consecuencias). El asunto de la incertidumbre está relacionado con esos marcos cronológicos. Hasta aplicando los más avanzados conocimientos que actualmente se tienen sobre cómo se comportan los componentes técnicos, geológicos y biológicos del sistema, no es extraño que existan incertidumbres de varios órdenes de magnitud en los resultados finales de la evaluación del comportamiento. Además, en determinado momento del proceso de evaluación, no es extraño que los analistas lleguen

SITUACION DE LOS REQUISITOS Y GUIAS DE SEGURIDAD DEL OIEA SOBRE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS RADIACTIVOS

El OIEA ha publicado varios requisitos y guías de seguridad sobre diferentes tipos de desechos radiactivos y de opciones de disposición final.

■ **Disposición final cerca de la superficie:** El documento titulado *Near Surface Disposal of Radioactive Waste* fue publicado en 1999 como Requisito de seguridad. Se han publicado dos Guías de seguridad, una en 1994, *Siting of Near Surface Disposal Facilities*, y otra en 1999, *Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste*.

■ **Colas de la extracción y el tratamiento del uranio y el torio; otros desechos que contienen materiales radiactivos naturales (NORM):** La preparación de una Guía de seguridad, *Management of Radioactive Waste from Mining & Milling of Uranium/Thorium Ores*, está prevista para el año 2001.

■ **Disposición final geológica:** Un documento, *Geological Disposal of Radioactive Waste*, está en preparación para ser publicado como Requisito de seguridad. También está en preparación otro documento, *Safety Case for Geological Disposal*, que se publicará como Guía de seguridad. En 1994 fue publicada una Guía de seguridad: *Siting of Geological Disposal Facilities*

a la conclusión de que no es razonablemente posible seguir reduciendo las incertidumbres. Ello significa que los reguladores y otras autoridades, tal vez tengan que tomar decisiones ante incertidumbres mucho mayores que a las que puedan estar acostumbrados.

Otro elemento que ha surgido en el pasado es que las normas y los requisitos relacionados con la disposición final de los distintos tipos de desechos, casi siempre se han considerado aisladamente, lo que puede dar lugar a incongruencias en la forma en que se juzga cada tipo. Esto es desventajoso desde el punto de vista puramente técnico, pero lo es aún más desde el punto de vista de la percepción del público.

Para abordar esta cuestión, el OIEA trabaja en la creación de un marco común que permita determinar la admisibilidad de instalaciones concebidas para la disposición final de los diversos tipos de desechos radiactivos. Todos los enfoques requieren, como mínimo, la aplicación de buenas prácticas técnicas y la reducción de las dosis de conformidad con el principio de

optimización de la protección radiológica. Ahora bien, debe tenerse en cuenta la realidad práctica de satisfacer los principios y criterios finalmente establecidos. Ello constituye un problema cuando se considera la diversidad de volúmenes de desechos, de actividades y de períodos de desintegración. A pesar de esos problemas, se hacen progresos y se espera disponer en breve de un marco común, lo que, a su vez, probablemente se reflejará en la unificación de requisitos y guías de seguridad en los años venideros.

Un aspecto clave para avanzar en el establecimiento de más repositorios es el nivel de confianza dentro de los diversos sectores de la sociedad de la mayoría de los países. Aunque los especialistas que trabajan en la esfera siguen teniendo confianza en las evaluaciones de la seguridad antes mencionadas, está claro que no bastan para inspirar confianza entre el público en su conjunto. El OIEA es consciente de las diferencias existentes entre los interesados directos y analiza las formas de acortarlas, incorporando a individuos de las más diversas procedencias a los futuros

programas de trabajo. Además de los trabajos ya mencionados en relación con los múltiples enfoques para elaborar hipótesis sobre la seguridad de las instalaciones para la disposición final, el Organismo también ha confeccionado un documento sobre la adopción de decisiones regulativas ante las grandes incertidumbres relacionadas con las evaluaciones del comportamiento y la seguridad durante períodos muy largos.

En cuanto a la elaboración de normas de seguridad actualizadas, el OIEA ha venido formulando una amplia variedad de requisitos y guías de seguridad en virtud del programa RADWASS.

(Véase el artículo de la página 30.) En este programa existen documentos específicos relativos a la disposición final de desechos radiactivos. (Véase el recuadro de esta página.)

Puede observarse que desde las primeras etapas se puso énfasis en la elaboración de documentos relativos a la disposición final cerca de la superficie, en concordancia con los deseos de los Estados Miembros. Muchos más países requieren instalaciones de disposición final cerca de la superficie para la gestión de los desechos radiactivos procedentes de hospitales y de la industria que para los provenientes de las minas, y el tratamiento del uranio o de las centrales nucleares. Sin embargo, la preparación de un documento de orientación sobre los desechos procedentes de la minería y tratamiento del uranio está muy adelantada y se está emprendiendo la elaboración de requisitos y de una guía de seguridad sobre disposición final geológica.

Por tanto, se prevé que en los próximos años se disponga de una serie completa de requisitos y guías de seguridad actualizados, así como de algunos documentos técnicos complementarios que abarcarán todos los aspectos de la disposición final de desechos radiactivos. □

GESTION SEGURA DE FUENTES RADIATIVAS EN DESUSO REDUCCION DE LOS RIESGOS

POR VILMOS FRIEDRICH Y FERRUCCIO GERA

Las fuentes de radiación selladas tienen un uso generalizado en la agricultura, la industria, la medicina y en distintas esferas de investigación de países desarrollados y de países en desarrollo. Se estima que en el mundo, hay millones de fuentes de radiación selladas, aunque los registros existentes indican una cifra mucho menor.

Una fuente sellada es un material radiactivo que está a) permanentemente encerrado en una cápsula o b) estrechamente envuelto dentro de una matriz sólida. El material de la cápsula o la matriz de una fuente sellada debe ser suficientemente fuerte para mantener la integridad y evitar que se produzcan fugas en condiciones normales de utilización y desgaste, así como a raíz de accidentes previsibles. Si una fuente ya no se necesita (por ejemplo, ha sido sustituida por una técnica diferente) o ya no se ajusta a la aplicación para la cual se concibió (por ejemplo, su actividad se ha debilitado en exceso, o el equipo asociado funciona mal o es obsoleto, o la fuente presenta rotura o fuga), se le clasifica como fuente gastada o en desuso. La actividad de una fuente en desuso puede seguir siendo del orden de gigabequerelios (GBq) o terabequerelios (TBq).

Por otra parte, las fuentes radiactivas antiguas se fabricaban según normas de calidad menos exigentes que las producidas en el pasado decenio. Por ejemplo, las primeras fuentes se fabricaban a partir de polvo o sales solubles,

por lo que eran susceptibles de presentar fugas y disolución si se exponían al agua, lo que obedecía especialmente a que las técnicas de encapsulamiento aplicadas también eran inferiores a las actuales.

El radio es uno de los materiales típicos de las fuentes antiguas; se utilizaba para aplicaciones médicas en forma de agujas y tubos. En la actualidad, las fuentes de radio constituyen un problema de envergadura, lo que se debe al largo período de semidesintegración y a la radiotoxicidad alta del radio 226.

El OIEA y sus Estados Miembros han adoptado medidas para reducir los riesgos asociados a las fuentes radiactivas en desuso, así como la probabilidad de incidentes y accidentes. Se ejecutan diferentes actividades para mejorar la gestión segura de las fuentes radiactivas en desuso. En un documento técnico de 1991 (*The Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources*, TECDOC-620), una de las primeras publicaciones sobre este tema, se expusieron las siguientes cuestiones importantes:

■ Los riesgos derivados de las fuentes radiactivas gastadas están presentes tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Muchos aspectos de este problema son comunes para ambos grupos de países, pero se observan algunas diferencias importantes.

■ En los países desarrollados, el problema principal se origina en el gran número de fuentes que

han estado y están en uso.

De ahí que, aun cuando un pequeño porcentaje del total de fuentes se pierda o quede fuera de control, éste puede ascender, no obstante, a una cifra considerable.

■ En los países en desarrollo, es posible que muchas fuentes se hayan importado antes de la implantación de la legislación nacional y el control adecuados, por lo que es probable que haya un porcentaje mayor de fuentes perdidas o fuera de control.

Además, en esos países la especialización y la experiencia en materia de gestión de fuentes radiactivas gastadas son limitadas.

■ Cabe suponer que los países desarrollados poseen la infraestructura de regulación y la pericia técnica necesarias para ejecutar un programa de gestión de sus fuentes gastadas, lo que contrasta marcadamente con la situación de muchos países en desarrollo. Por tanto, para el Organismo resulta mucho más apremiante prestar asistencia a estos últimos, y se ha otorgado la máxima prioridad a mejorar su situación.

De conformidad con estas cuestiones, el Organismo ha desarrollado diversas actividades, concebidas principalmente para

El Sr. Friedrich es funcionario de la División de Tecnología del Ciclo del Combustible Nuclear y de los Desechos, del OIEA, y el Sr. Gera es funcionario de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos.

los países en desarrollo. Las principales actividades son:

- recopilación, revisión y publicación de información y orientaciones actualizadas;

- desarrollo y distribución de instrumentos de gestión (por ejemplo, procedimientos administrativos, registros computarizados, bases de datos);

- transferencia de tecnologías y conocimientos especializados mediante cursos de capacitación y otros proyectos de cooperación técnica; y

- asistencia directa para resolver problemas técnicos y de seguridad específicos (por ejemplo, asesoramiento de expertos, grupos de acción y respuestas a situaciones de emergencia).

El Organismo ejecuta su programa en materia de gestión de fuentes radiactivas en desuso en las siguientes esferas:

a) estructuras legislativas y de regulación; b) prácticas de tecnología, gestión y evaluación de la seguridad, y e) cooperación internacional.

A continuación se describen de manera sucinta algunas actividades que se han realizado o planificado en las esferas mencionadas.

ESTRUCTURAS LEGISLATIVAS Y DE REGULACION

Las actividades relativas a esta esfera tienen como fin garantizar que las fuentes radiactivas sean objeto de control regulativo desde que se producen, durante su utilización comercial y hasta su disposición final.

En varias publicaciones del OIEA (como las *Normas básicas de seguridad* y dos publicaciones correspondientes al programa de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos) se recomienda una base legislativa y regulativa para los Estados Miembros del OIEA en materia de seguridad de las

fuentes radiactivas y de gestión de desechos radiactivos en general.

En 1999 también se publicó un documento técnico sobre la organización y puesta en práctica de la infraestructura de regulación nacional (*Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure Governing Protection Against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources: Interim Report for Comment*, TECDOC-1067). Varias publicaciones sobre diferentes aspectos de la seguridad de las fuentes radiactivas (como tráfico ilícito) se encuentran en la etapa de planificación o preparación.

También se ha creado una base de datos denominada Sistema de información para autoridades reguladoras (RAIS). Aunque sus objetivos son diferentes, el RAIS incluye un módulo que prevé un registro de fuentes radiactivas. El RAIS proporciona información desde la perspectiva del control regulativo y abarca todo el equipo que es fuente de radiación (por ejemplo, aparatos de rayos X y aceleradores lineales); incluye asimismo datos sobre titulares de licencias y muchos otros tipos de información de interés a los fines de la regulación.

PRACTICAS DE TECNOLOGIA Y GESTION

El objetivo de estas actividades es garantizar que los procesos de fabricación, manipulación, utilización, reutilización, transporte, acondicionamiento, almacenamiento y disposición final de las fuentes radiactivas se realicen de forma técnicamente racional, económica y segura.

La experiencia ha demostrado que la falta de información sobre las fuentes en desuso ha sido una de las causas fundamentales de la pérdida de control, lo que ha provocado accidentes o incidentes. El OIEA ha creado un importante instrumento de gestión: un registro de bases

de datos sencillo. El Registro de Fuentes de Radiación Selladas se diseñó especialmente para el rastreo y almacenamiento de datos pertinentes sobre fuentes radiactivas selladas. Este registro computarizado se ha establecido en más de 30 Estados Miembros.

La publicación de documentos técnicos en forma de manual técnico ofrece un enfoque más práctico y una mejor orientación para la realización propiamente dicha de esa labor. En cooperación con algunas instituciones de Estados Miembros desarrollados, se han elaborado diseños genéricos de instalaciones para el procesamiento y almacenamiento de fuentes selladas en desuso, los cuales también se utilizan para ofrecer asesoramiento sobre cómo establecer esas instalaciones en el plano nacional (*Reference Design for a Centralized Spent Sealed Source Facility*, TECDOC-806, publicado en 1995). Otro documento suministra información técnica detallada sobre la manipulación, el acondicionamiento y el almacenamiento de fuentes selladas gastadas (*Handling, Conditioning and Storage of Spent Sealed Radioactive Sources*, TECDOC-1145, publicado en 2000).

También se ha publicado información sobre métodos prácticos para determinar y ubicar fuentes selladas en desuso y sobre el acondicionamiento y almacenamiento de fuentes de radio en desuso (en 1995, *Methods to Identify and Locate Spent Radiation Sources*, TECDOC-804; y en 1996, *Conditioning and Interim Storage of Spent Radium Sources*, TECDOC-886).

Otros documentos sobre la reducción del riesgo en la gestión de fuentes radiactivas en desuso y sobre su gestión en el almacenamiento/disposición final en pozos de sondeos, se

encuentran en una etapa avanzada de preparación.

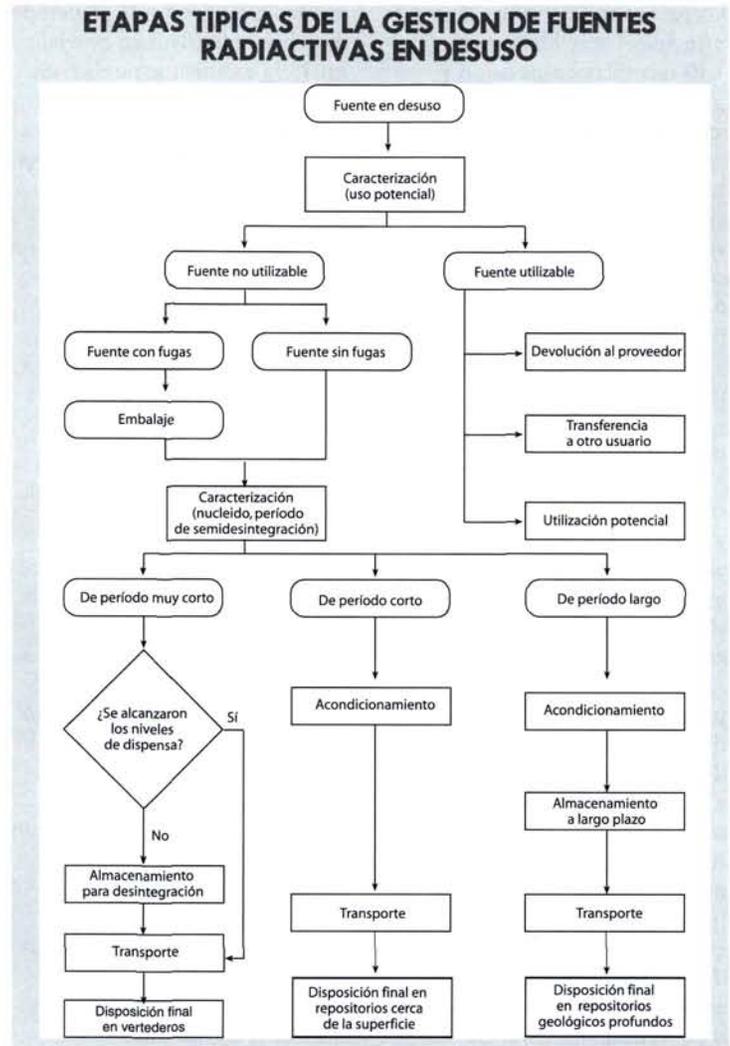
En cuanto a la disposición final de fuentes radiactivas en desuso en pozos de sondeos, ya se está concluyendo la preparación de un documento de trabajo para evaluar la viabilidad de emplear ese método de disposición final, sobre todo en países que no prevén crear otros repositorios de desechos radiactivos. Los pozos de sondeos, que podrían diseñarse de manera que cumplan los requisitos de un sistema de disposición final de confinamiento de mayor tamaño, parecen ser una solución rentable para la disposición final de volúmenes relativamente pequeños de desechos radiactivos, incluidas las fuentes radiactivas en desuso.

Se prevé que otros documentos técnicos describan los métodos y procedimientos para acondicionar y almacenar fuentes radiactivas en desuso de período largo y sobre la gestión de fuentes selladas en desuso de actividad alta.

COOPERACION INTERNACIONAL

Uno de los objetivos principales de los esfuerzos del Organismo es promover la cooperación entre los Estados Miembros, otros organismos de las Naciones Unidas y organizaciones no gubernamentales (ONG), a fin de reducir el riesgo asociado al uso de fuentes radiactivas en todo el mundo.

Para la transferencia de tecnología y conocimientos técnicos se ha creado un instrumento especializado denominado "Demostración de métodos y procedimientos de la gestión de desechos previa a la disposición final", que incluye la capacitación práctica para grupos pequeños en instalaciones reales de procesamiento de desechos en



explotación. Este programa se ejecuta a escala regional desde 1996, en particular para beneficiar a Estados Miembros en desarrollo.

Uno de los módulos principales de esta capacitación se refiere al acondicionamiento y almacenamiento de las fuentes en desuso. Hasta el momento, se han realizado demostraciones en Chile (para Estados Miembros de América Latina), Turquía (Europa oriental, África y Asia occidental), Filipinas (Asia oriental y el Pacífico) y en la Federación de Rusia (para los Estados recientemente independizados de la antigua URSS). Hasta ahora, se han efectuado doce demostraciones

en cuatro regiones, con la participación de unos 100 expertos de 50 Estados Miembros. El apoyo al programa se presta mediante el Proyecto Modelo interregional de cooperación técnica del OIEA denominado Tecnologías Sostenibles para la Gestión de Desechos Radiactivos.

Ejemplos de asistencia directa que incluyen la cooperación internacional para resolver problemas reales son la actividad de respuesta a emergencias del Organismo (llevada a cabo recientemente en Turquía y Georgia en el transcurso de accidentes relacionados con fuentes radiactivas huérfanas) y el acondicionamiento de

fuentes de radio. Este último proyecto garantiza que, si se solicita, un equipo de expertos contratado por el Organismo compila y trata durante una sola campaña todas las fuentes de radio en desuso detectadas en un país que carezca de la infraestructura apropiada, solucionando así el problema nacional inmediato relativo a la presencia de fuentes de radio en desuso. Internacionalmente, se ha reconocido la seguridad y viabilidad del procedimiento técnico, que tiene como resultado la elaboración de bultos de desechos que parecen compatibles con diversas opciones de gestión futuras. En los últimos tres años, el programa se ha centrado en América Latina con la ayuda, a título gratuito, de expertos del Brasil, y una contribución extrapresupuestaria de los Estados Unidos de América. En Costa Rica, Chile, Ecuador, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Paraguay, Perú y Uruguay los inventarios nacionales de radio se han acondicionado y han quedado seguros. El programa se ha extendido a Europa oriental, donde se han efectuado operaciones similares en Croacia en cooperación con el Centro de Investigación de Austria (Seibersdorf), y en Bosnia y Herzegovina, en colaboración con el Instituto Ruder Boskovic, de Croacia.

En 1998, el programa se extendió más aún, para incluir a África y Asia. En África, se realizaron operaciones en Ghana, Madagascar, Sudán, Tanzania y Túnez con ayuda de un equipo de Sudáfrica, facilitado gratuitamente al Organismo, y en Egipto, con un equipo del país.

En Asia, se han llevado a cabo operaciones en China y el Pakistán mediante equipos nacionales orientados por el Organismo, y en Sri Lanka, por medio de un equipo del Pakistán.

Otro componente del Proyecto Modelo interregional denominado Tecnologías Sostenibles para la Gestión de Desechos Radiactivos es el proyecto de acondicionamiento del radio. Hasta el momento, se han realizado operaciones de acondicionamiento del radio en un total de 20 Estados Miembros en desarrollo.

El Organismo ha desarrollado una Base de Datos de Gestión de Desechos (WMDB), cuyo objetivo primordial es proporcionar una fuente accesible de información sobre gestión de desechos (incluidas las fuentes en desuso) de todos los Estados Miembros del OIEA. La WMDB incluye información sobre los inventarios y las proyecciones actuales en materia de desechos, la política y los acontecimientos relacionados con la regulación, las organizaciones a cargo de las actividades de gestión de desechos, las estrategias nacionales, las investigaciones sobre gestión de desechos y los programas de desarrollo, actividades operacionales y acontecimientos importantes.

Algunos Estados Miembros en desarrollo no tienen la infraestructura, los recursos ni las cantidades suficientes de desechos radiactivos que justifiquen la creación de un repositorio de tamaño normal. Sin embargo, las fuentes en desuso que contienen radionucleidos de período largo, incluso cuando se acondicionan adecuadamente, no pueden almacenarse por tiempo indefinido. El Organismo se propone promover la cooperación entre los Estados Miembros con miras a alentar, por ejemplo, a los proveedores de fuentes selladas a recuperar las fuentes en desuso para reciclarlas y a aceptar para su disposición final que no puedan ser recicladas.

Además, el Organismo ha iniciado actividades encaminadas a evaluar la viabilidad de realizar la disposición final de fuentes en desuso en pozos de sondeo. La viabilidad de esta opción depende del resultado de la evaluación de la seguridad requerida, que depende, a su vez, de la disponibilidad de información específica sobre el inventario de radionucleidos, las propiedades de las diferentes barreras, tanto artificiales como geológicas, y las condiciones ambientales de la ubicación propuesta. Se ha iniciado un proyecto de cooperación técnica que incluye a varios Estados Miembros africanos con el fin de ayudarlos a desarrollar la capacidad suficiente para efectuar las necesarias evaluaciones de la seguridad.

En respuesta a la solicitud de la Conferencia General del OIEA de 1998, el Organismo creó un Plan de Acción relativo a la Seguridad Tecnológica de las Fuentes de Radiación y a la Seguridad Física de los Materiales de Radiación. Dicho Plan se aprobó en la Conferencia General de 1999 y comenzó a ponerse en práctica de inmediato. Además del fortalecimiento de las actividades pertinentes que actualmente se realizan, el Plan de Acción incluye nuevas iniciativas en las esferas siguientes: infraestructuras de regulación, gestión de fuentes en desuso, categorización de las fuentes, respuesta a sucesos anormales, intercambio de información, formación y capacitación y compromisos internacionales.

Mediante los canales establecidos y las nuevas iniciativas, el OIEA intensifica sus esfuerzos para ayudar a que los países mejoren la gestión segura de las fuentes de radiación en desuso y promover una cooperación internacional más amplia en la búsqueda y puesta en práctica de soluciones. □

COOPERACION CON LA FEDERACION DE RUSIA EN LA GESTION DE DESECHOS RADIOACTIVOS APOYANDO LA INICIATIVA

POR ARNOLD BONNE Y BORIS SEMENOV

Un objetivo importante de las actividades del OIEA es facilitar y fortalecer la cooperación internacional en la gestión racional y segura de los desechos radiactivos y el combustible nuclear gastado.

La Federación de Rusia ha venido enfrentando algunos complejos problemas ambientales en la esfera de la gestión de desechos radiactivos y el combustible gastado. Esos problemas han dimanado de anteriores actividades relacionadas con la producción de armas nucleares, el uso de la energía nuclear con fines pacíficos y la reducción de las armas nucleares. En 1995, los desechos radiactivos acumulados en la Federación de Rusia ascendían a más de 500 000 millones de metros cúbicos con una actividad total de unos 2000 millones de curios ($7,4 \times 10^{19}$ bequerelios o Bq). Además, se almacenaron casi 8500 toneladas de combustible nuclear gastado con una actividad total de alrededor de 4000 millones de curios ($1,5 \times 10^{20}$ Bq).

Para evaluar mejor la situación, los países nórdicos solicitaron al OIEA que organizara un seminario sobre cooperación internacional en la gestión de desechos nucleares en la Federación de Rusia. En ese seminario, celebrado en 1995, los participantes reconocieron la necesidad de establecer un grupo de contacto integrado por expertos para ayudar a coordinar sus esfuerzos. Esa coordinación ayudaría a evitar la redundancia y la duplicación de sus actividades, aseguraría que las prioridades se evaluaran correctamente y se dieran a conocer a la comunidad

internacional y proporcionaría puntos de contacto para facilitar la cooperación.

En septiembre de 1995, un grupo de países y organizaciones internacionales interesados tomó la decisión de establecer un Grupo de contacto integrado por expertos (CEG). Se pidió al OIEA que desempeñara las funciones de Secretaría del CEG, y comenzó a actuar como tal, en abril de 1996. En el mandato del CEG se establecen como metas y objetivos del Grupo "aumentar la seguridad en la gestión de desechos en la Federación de Rusia y sus alrededores" y "... promover la cooperación internacional con miras a resolver problemas de la gestión de desechos radiactivos, incluidas la seguridad radiológica y las cuestiones ambientales, técnicas, jurídicas, financieras y de organización."

El CEG tiene trece miembros y dos observadores. Los miembros son: Alemania, Bélgica, Estados Unidos, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia, Unión Europea, Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados y el Centro Internacional de Ciencia y Tecnología; los observadores son Japón y la Corporación Nórdica de Financiación para el Medio Ambiente.

RESEÑA DE LAS ACTIVIDADES DEL CEG

Entre los principales logros del CEG se encuentra el establecimiento de una base de datos para proyectos de cooperación, que contiene información detallada sobre unos 200 proyectos. Además de esa información, los Modelos de Descripción de Proyectos (FDP) dan cuenta de la situación de los proyectos en relación con 19 temas importantes que han presentado los países y las organizaciones internacionales que participan en el CEG. (Véase el recuadro de la página 65.) La base de datos se ha utilizado, particularmente durante la etapa inicial, como instrumento útil para evitar la duplicación y el traslapo innecesarios y para mejorar la planificación de proyectos.

Otra medida importante ha sido, y sigue siendo, la asignación de prioridad a las tareas y proyectos de cooperación. Esa medida la aplicó, por primera vez, la Federación de Rusia en 1996-1997 para ayudar a concentrar las actividades y la financiación en las esferas prácticas más urgentes. La asignación de prioridad ha representado una lista de transacción respecto de proyectos que reflejaban los intereses de los ministerios y las organizaciones participantes.

Esa labor inicial demostró que el alcance de la cooperación entre

El Sr. Bonne es Director de la División de Tecnología del Ciclo del Combustible Nuclear y de los Desechos del Departamento de Energía Nuclear del OIEA, y el Sr. Semenov es Secretario Ejecutivo del Grupo de contacto integrado por expertos (CEG) y ex Director General Adjunto del OIEA. Para más información sobre el CEG, diríjase al sitio Web del Grupo en <http://www.iaea.org/worldatom/program/CEG/index.html>.

la Federación de Rusia y los países y organizaciones miembros del CEG a nivel bilateral y multilateral era bastante amplio y útil. Con todo, como el CEG manifestó en su reunión de enero de 1997, en ese momento los proyectos prioritarios más importantes aún no estaban financiados o estaban insuficientemente financiados. El CEG recomendó a sus países y organizaciones miembros que concentraran sus esfuerzos en la cooperación en la esfera de la gestión del combustible gastado de la cadena tecnológica de submarinos y rompehielos nucleares (descarga del combustible gastado, transporte a tierra, almacenamiento intermedio, transporte a la planta de reprocesamiento de Mayak, almacenamiento en Mayak).

Tras examinar los informes de los ministerios, los institutos y las organizaciones de Rusia y los resultados de varios estudios especializados patrocinados por los miembros del CEG, el Grupo de expertos decidió que debía actuar inmediatamente para centrar la cooperación internacional con la Federación de Rusia en la situación reinante en su región noroccidental donde 15 de los 20 "Proyectos de gran prioridad de Rusia" están relacionados con los desechos radiactivos acumulados o que se generan en la región. Ahora bien, ninguno de esos 15 proyectos ha sido totalmente financiado por Rusia, o por Rusia y sus asociados en materia de cooperación.

A la sazón, el Gobierno de la Federación de Rusia había aprobado un Programa Federal de Gestión de Desechos para 1996-2005 que, cuando se ejecutara, debía resolver los problemas más importantes del país. Sin embargo, su ejecución se previó para un período bastante largo, diez años, lo que motivó graves preocupaciones. Muchos problemas requerían atención más inmediata para evitar posibles

riesgos conexos para la seguridad y el medio ambiente (por ejemplo, el combustible gastado que se mantiene en los submarinos parcialmente clausurados, tanques de desechos rebosados y la amenaza potencial de que se reanuden los vertimientos en el mar).

La situación real parecía tornarse aún más alarmante debido a las bien conocidas dificultades económicas. La financiación estatal de los programas de gestión de desechos

de la Federación de Rusia en 1996-1998 era del 10% de las cifras previstas para el programa.

Para crear conciencia acerca de esos problemas, el CEG preparó un "dictamen pericial internacional" sobre la situación de la gestión de desechos en la región noroccidental de la Federación de Rusia. El dictamen fue enviado al Director General del OIEA y, a solicitud del Grupo, presentado como documento de información a la Junta de Gobernadores del OIEA en diciembre de 1997.

En cumplimiento de las recomendaciones del CEG y a fin de facilitar la cooperación internacional dirigida a resolver los problemas más urgentes de la región, el OIEA ha señalado la cuestión a la atención de sus Estados Miembros y de organizaciones internacionales pertinentes, en particular las de financiación.

En su reunión celebrada, en 1998, en Augusta, Estados Unidos de América, el CEG

PROYECTOS DEL GRUPO DE CONTACTO INTEGRADO POR EXPERTOS

Número y título del proyecto	Número de proyectos
1 Documentos normativos y metodológicos	9
2 Investigaciones radiológicas de emplazamientos de almacenamiento, vertimiento y disposición final de desechos radiactivos	20
3 Medidas para mejorar y supervisar la situación radiológica de emplazamientos de almacenamiento, vertimiento y disposición final de desechos radiactivos	24
4 Almacenamiento de desechos radiactivos líquidos de actividad baja	1
5 Almacenamiento de desechos radiactivos sólidos	7
6 Almacenamiento de combustible nuclear gastado	9
7 Almacenamiento de desechos radiactivos de actividad alta	1
8 Tratamiento de desechos radiactivos de actividad baja	13
9 Tratamiento de desechos radiactivos sólidos	6
10 Tratamiento de desechos radiactivos de actividad alta y combustible nuclear gastado	12
11 Manipulación y transporte de combustible gastado	19
12 Disposición final de desechos radiactivos y combustible nuclear gastado	24
13 Capacitación en materia de gestión de desechos radiactivos	7
14 Centros de gestión de desechos radiactivos	7
15 Gestión de desechos radiactivos en centrales nucleares	15
16 Cooperación general en gestión de desechos	9
17 Clausura de instalaciones nucleares	7
18 Análisis de la seguridad de instalaciones de gestión de desechos	5
19 Otros temas relacionados con la gestión de desechos	6
Total de proyectos: 201	

volvió a examinar la importancia de concentrar el apoyo internacional para resolver los problemas más acuciantes en materia de gestión de desechos y combustible gastado de la Federación de Rusia. Se definió una lista de Proyectos Iniciales (Máxima Prioridad), en la que figuran tres nuevos proyectos del CEG y cuatro de los 20 proyectos que tienen gran prioridad indicados por la Federación de Rusia. Los proyectos se centran en el combustible nuclear gastado y los desechos radiactivos procedentes de la clausura de submarinos de la Flota del Mar del Norte del noroeste de Rusia:

- Modernización de la instalación para el tratamiento de desechos radiactivos líquidos en el astillero de reparaciones RTP "Atomflot";
- Clausura del buque de servicio flotante *Lepse*;
- Construcción y puesta en servicio de un almacén provisional para combustible nuclear gastado en Mayak;

- Creación de cofres de metal-hormigón para el almacenamiento y transporte de combustible nuclear gastado procedente de submarinos nucleares;
- Mejoramiento de la situación ambiental en la Bahía de Andreeva;
- Creación de un repositorio para desechos radiactivos en el noroeste de Rusia;
- Diseño y construcción de una instalación especializada para la descarga de combustible de submarinos nucleares, retirados del servicio de la Flota del Mar del Norte

El CEG recomendó que la labor sobre los proyectos que ya estaban en marcha no sólo debía continuarse, sino acelerarse. También seleccionó varios proyectos considerados de máxima prioridad, pero que se encontraban solamente en la fase de evaluación y/o estudio. El CEG recomendó decididamente que se emprendiera un programa más activo para la ejecución de esos proyectos.

PRIORIZANDO LAS TAREAS

El CEG reconoce que también hay graves problemas a lo largo de la costa oriental de la Federación de Rusia relacionados con la clausura de submarinos de la Flota del Pacífico. Por consiguiente, en su reunión efectuada en Murmansk (noviembre de 1998), el CEG examinó y aprobó una lista de tareas de máxima prioridad para toda la Federación de Rusia, tareas que habrían de emprenderse, a fin de encarar los problemas del combustible nuclear gastado y los desechos radiactivos.

- Desarrollar, fabricar y entregar contenedores de metal-hormigón para el almacenamiento y transporte de combustible nuclear gastado sólido y contenedores para el almacenamiento de desechos radiactivos;
- Almacenar de manera provisional en Mayak el

combustible nuclear gastado de los reactores de propulsión nuclear;

- Asegurar la extracción del combustible nuclear gastado y de los desechos radiactivos sólidos y líquidos procedentes de los almacenes flotantes y en tierra firme (Bahía de Andreeva, Bahía de Sysoeva, emplazamientos de Gremikha);

■ Reconstruir los buques cisterna disponibles en las flotas del Mar del Norte y del Pacífico para usarlos como contenedores-transportadores de combustible nuclear gastado de submarinos y contenedores con desechos radiactivos desde lugares aislados hasta puntos con conexiones ferroviarias;

- Clausurar el buque *Lepse* y otros buques flotantes --almacenes de combustible nuclear gastado y desechos radiactivos;

■ Crear complejos para la descarga y emplazamientos de colectores-contenedores de desechos radiactivos en las plantas de clausura de submarinos, a fin de acelerar la descarga del combustible nuclear gastado de los submarinos clausurados (pero aún flotantes);

- Realizar una evaluación internacional de la seguridad y, de ser positiva, construir un repositorio para la disposición final de desechos radiactivos en Novaya Zemlya.

Esa lista abarca los elementos más importantes de la cadena tecnológica de la gestión de desechos y del combustible nuclear gastado: descarga del combustible gastado, transporte a tierra, almacenamiento intermedio, transporte hasta la planta de reprocesamiento de Mayak, almacenamiento en Mayak y disposición final de los desechos.

La mayoría de los submarinos que han sido retirados del servicio todavía tienen su combustible a bordo. Con las instalaciones y los servicios existentes, la gestión del combustible gastado y de los

desechos llevará muchos años, durante los cuales aumentará el riesgo de posibles accidentes. Ello también incluye las instalaciones que todavía contienen combustible gastado o desechos. Se deben adoptar medidas para acelerar la descarga y extracción del combustible y su transporte seguro, para proteger las instalaciones.

En su reunión de Noruega (mayo de 1999) el CEG --al considerar que en la Federación de Rusia la situación de la gestión de los desechos y el combustible nuclear gastado es alarmante y que requiere un apoyo internacional oportuno y significativamente más amplio--, decidió acudir a la reunión en la Cumbre de los dirigentes de los países del Grupo de los Siete/Grupo de los Ocho en Alemania para plantear los problemas de los desechos nucleares y el combustible nuclear gastado en Rusia y pedir que se examine la posibilidad de brindar asistencia concertada para resolverlos.

Durante 1999, el CEG invirtió considerables esfuerzos en examinar e interpretar la estrategia rusa en relación con la gestión de desechos radiactivos. El objetivo era ayudar a posibles donantes a priorizar su apoyo. En la reunión del CEG celebrada, en Helsinki, en mayo de 2000, la delegación de Rusia presentó un valioso informe acerca del nuevo Programa Federal del Gobierno sobre Seguridad Nuclear y Radiológica de Rusia para el período 2000 a 2006.

INFORMES SOBRE LA MARCHA DE LOS PROYECTOS

Atendiendo a la información suministrada a la base de datos del proyecto del CEG, se han observado progresos importantes en varias esferas.

- *Proyecto de cooperación sobre la ampliación y el perfeccionamiento de la*

instalación de tratamiento para desechos radiactivos líquidos de actividad baja en Murmansk, Rusia. El objetivo de este proyecto es aumentar la capacidad de tratamiento de 1200 m³ por año a 5000 m³ de desechos radiactivos líquidos, incluidos los desechos de elevada salinidad procedentes de la Flota del Mar del Norte. La construcción e instalación de equipo continúa. La construcción se acerca a su fin. El costo del proyecto se calcula en 5,9 millones de dólares de los Estados Unidos.

Se requiere una planta de cementación a fin de obtener el permiso para explotar la instalación de tratamiento. Se ha iniciado la construcción de la planta, financiada por fuentes de Noruega y los Estados Unidos. Las operaciones de prueba de la planta se programaron para el año en curso.

■ *Proyecto de cooperación para construir cuatro vagones de ferrocarril especialmente diseñados.* Todos los documentos que Kvaerner Maritime y el coordinador ruso NUKLID necesitan fueron firmados y aceptados durante los dos últimos años, y se elaboraron los procedimientos contractuales entre NUKLID y Tver, fábrica encargada de construir los vagones. Los vagones de ferrocarril se construyeron y se terminó el proyecto.

■ *Proyecto de cooperación para la reparación de tanques para desechos radiactivos líquidos en el astillero de Zvezdochka, Severodvinsk.* Aunque el proyecto está en su fecha y se ajusta al presupuesto, en 1999 se notificó que uno de los tanques de almacenamiento tenía fugas. Ahora bien, ese tanque específico no formaba parte del proyecto de renovación financiado por Noruega. Afortunadamente, el contenido del tanque que se oxidó se pudo trasladar a los tanques recién renovados.

El proyecto se terminó en el tiempo y dentro del presupuesto asignados. La ceremonia de inauguración tuvo lugar en septiembre de 1999.

■ *Proyecto de cooperación para la creación de un prototipo de instalación destinada a la disposición final de desechos radiactivos en la península de Bashmachni en el Archipiélago de Novaya Zemlya (en la cooperación participan la Unión Europea (UE), Alemania, Suecia, Rusia y Noruega).* La propuesta presentada aborda las cuestiones relativas a la seguridad y al impacto ambiental de un repositorio para desechos radiactivos en Novaya Zemlya. Los objetivos de la primera fase son emprender un examen independiente de la viabilidad y seguridad de una instalación subterránea para la disposición final de desechos de actividad baja e intermedia en Novaya Zemlya; definir problemas no resueltos relativos a este asunto; y diseñar un programa de trabajo experimental que abordaría esos problemas. Tras haber elaborado planes para el almacenamiento de desechos radiactivos en Novaya Zemlya, Rusia ha reafirmado su interés en recibir apoyo de asociados extranjeros con respecto a una evaluación del proyecto. (Un plan preliminar para la financiación del proyecto calculó los costos en 800 000 dólares). Se ha establecido un consorcio internacional para evaluar los planes rusos para Novaya Zemlya como emplazamiento para la disposición final. La Unión Europea, Alemania, Suecia, Rusia y Noruega acordaron emprender la evaluación en 1999.

En diciembre de 1999 y marzo de 2000 se llevaron a cabo dos reuniones de examen. En mayo de 2000 se elaboró un proyecto de informe sobre la situación del concepto y sobre el inventario.

■ *Proyecto de cooperación para el desarrollo y la fabricación de un prototipo de contenedor*

transportable para el almacenamiento provisional de combustible nuclear gastado, dañado y no dañado, procedente de actividades navales (participaron en la cooperación: Estados Unidos, Noruega, Unión Europea y Rusia). El primer cofre multipropósito fue entregado en octubre de 1999. Las pruebas continúan y se están obteniendo las licencias. Cuando se obtengan, el Programa de cooperación para la reducción de amenazas, del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, comprará suficientes cofres para efectuar la disposición final del combustible nuclear gastado procedente de 15 submarinos que se están desmantelando.

NECESIDAD DE MAYOR APOYO

Desde su creación en 1996, el CEG se ha esforzado por contribuir a mejorar la coordinación, y aumentar la comprensión y los conocimientos, respecto de los proyectos de cooperación que ayudan a la solución de los urgentes problemas relacionados con los desechos radiactivos en la Federación de Rusia.

Aunque se han hecho importantes progresos en muchas esferas, los problemas siguen siendo graves y se requieren mayores niveles de apoyo para solucionarlos. La situación es un tema de interés internacional desde el punto de vista social, ambiental y económico, y su solución no está dentro de las posibilidades de un solo país.

La próxima reunión del CEG, que debe celebrarse en Cherburgo, Francia, en octubre de 2000, continuará centrándose en los esfuerzos por fomentar, justificar y planificar estratégicamente enfoques que permitan lograr mayor apoyo financiero internacional para resolver los problemas de máxima prioridad que revisten importancia para la seguridad y la ecología. □

SITUACION DE LOS PROTOCOLOS ADICIONALES

Estado	Aprobación por la Junta del OIEA	Firmado	En vigor
Alemania ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Armenia	23 sept. 1997	29 sept. 1997	
Australia	23 sept. 1997	23 sept. 1997	12 dic. 1997
Austria ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Azerbaiyán	7 jun. 2000	5 jul. 2000	
Bélgica ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Bulgaria	14 sept. 1998	24 sept. 1998	
Canadá	11 jun. 1998	24 sept. 1998	
China	25 nov. 1998	31 dic. 1998	
Croacia	14 sept. 1998	22 sept. 1998	6 jul. 2000
Cuba	22 sept. 1999	15 oct. 1999	
Chipre	25 nov. 1998	29 jul. 1999	
Dinamarca ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Ecuador	20 sept. 1999	1 oct. 1999	
Eslovaquia	14 sept. 1998	27 sept. 1999	
Eslovenia	25 nov. 1998	26 nov. 1998	22 ago. 2000
España ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Estados Unidos	11 jun. 1998	12 jun. 1998	
Estonia	21 marzo 2000	13 abril 2000	
Filipinas	23 sept. 1997	30 sept. 1997	
Finlandia ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Francia ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Georgia	23 sept. 1997	29 sept. 1997	
Ghana	11 jun. 1998	12 jun. 1998	provisional
Grecia ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Hungría	25 nov. 1998	26 nov. 1998	4 abril 2000
Indonesia	20 sept. 1999	29 sept. 1999	29 sept. 1999
Irlanda ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Italia ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Japón	25 nov. 1998	4 dic. 1998	16 dic. 1999
Jordania	18 marzo 1998	28 jul. 1998	28 jul. 1998
Lituania	8 dic. 1997	11 mar. 1998	5 jul. 2000
Luxemburgo ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Mónaco	25 nov. 1998	30 sept. 1999	30 sept. 1999
Namibia	21 marzo 2000	22 marzo 2000	
Nigeria	7 jun. 2000		
Noruega	24 marzo 1999	29 sept. 1999	16 mayo 2000
Nueva Zelandia	14 sept. 1998	24 sept. 1998	24 sept. 1998
Países Bajos ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Perú	10 dic. 1999	22 marzo 2000	
Polonia	23 sept. 1997	30 sept. 1997	5 mayo 2000
Portugal ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Reino Unido ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	
Rep. Checa	20 sept. 1999	28 sept. 1999	
Rep. de Corea	24 marzo 1999	21 jun. 1999	
Rumania	9 jun. 1999	11 jun. 1999	7 jul. 2000
Rusia	21 marzo 2000	22 marzo 2000	
Santa Sede	14 sept. 1998	24 sept. 1998	24 sept. 1998
Suecia ¹	11 jun. 1998	22 sept. 1998	*
Suiza	7 jun. 2000	16 jun. 2000	
Turquía	7 jun. 2000	7 jul. 2000	
Ucrania	7 jun. 2000	15 agosto. 2000	
Uruguay	23 sept. 1997	29 sept. 1997	
Uzbekistán	14 sept. 1998	22 sept. 1998	21 dic. 1998
Totales	54	53	15

¹ Los 15 Estados de la Unión Europea han firmado protocolos adicionales con la EURATOM y el Organismo.

*El OIEA ha recibido notificación de esos Estados de que se han cumplido sus requisitos nacionales para la entrada en vigor. Sin embargo, según lo dispuesto en el Protocolo Adicional concertado con los Estados no poseedores de armas nucleares de la UE y la EURATOM, "el Protocolo Adicional entrará en vigor en la fecha en que el Organismo reciba de los Estados y de la EURATOM notificación escrita de que se han cumplido sus requisitos respectivos para su entrada en vigor". **Situación hasta el 8 de septiembre de 2000.**

SALVAGUARDIAS
DEL OIEA FORTALECIDAS

Recientemente, en otros cuatro Estados --Croacia, Lituania, Rumania y Eslovenia--, entraron en vigor acuerdos destinados a fortalecer la capacidad del Organismo para verificar el carácter exclusivamente pacífico de las actividades nucleares. Otros dos Estados, Turquía y Ucrania, firmaron acuerdos de ese tipo, denominados protocolos adicionales, en julio y agosto de 2000, respectivamente. Hasta el 23 de agosto de 2000, la Junta de Gobernadores del OIEA ha aprobado un total de 54 protocolos adicionales. (Véase el cuadro.)

Para obtener informes de situación actualizados, consulte el sitio de Internet *WorldAtom* del OIEA, en www.iaea.org.

SALVAGUARDIAS
DATOS Y CIFRAS

El OIEA aplica las salvaguardias en virtud de los acuerdos concertados con varios Estados del mundo. A continuación, ofrecemos alguna información sobre las actividades realizadas hasta finales de 1999:

Acuerdos de salvaguardias: Había acuerdos en vigor con 140 Estados (además de Taiwán, China). Durante el año, el OIEA aplicó las salvaguardias en 70 estados (así como en Taiwán, China), la mayoría de las cuales fueron inspeccionadas de conformidad con acuerdos de salvaguardias amplias.

Instalaciones y lugares. Al finalizar 1999, había 900 instalaciones y otros lugares sometidos a las salvaguardias del OIEA. Se realizaron un total de 2495 inspecciones en 587 instalaciones, que representaban 10 190 días-persona de actividades de inspección sobre el terreno.

Recursos: En 1999, los gastos incurridos con cargo al presupuesto ordinario del OIEA, en concepto de salvaguardias fueron de 79 millones de dólares de los Estados Unidos. Además, los Estados Miembros, en 1999, aportaron 13,8 millones de dólares en fondos extra-presupuestarios.

Para obtener más información consulte el *Annual Report for 1999* del OIEA. Pueden obtenerse copias impresas en los servicios de distribución del OIEA, o en la División de Información Pública. La edición electrónica puede obtenerse en el sitio de Internet *WorldAtom* del OIEA, en www.iaea.org.

COMIENZA EN VIENA LA CONFERENCIA GENERAL DEL OIEA

La reunión del año 2000 de la Conferencia General del OIEA --cuadragésima cuarta reunión ordinaria-- comienza en el Austria Center de Viena el 18 de septiembre. Los puntos del Orden del Día provisional incluyen el Programa y Presupuesto del Organismo para 2001, las medidas para reforzar la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear, radiológica y de los desechos; el fortalecimiento de las actividades de cooperación técnica del Organismo; el fortalecimiento de la eficacia y aumento de la eficiencia del sistema de salvaguardias y aplicación del modelo de Protocolo; las medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares y otras fuentes radiactivas; la aplicación de las salvaguardias del OIEA en el Oriente Medio; el cumplimiento de las resoluciones del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativas al Iraq; y la aplicación del acuerdo de salvaguardias concertado entre el OIEA y la República Popular Democrática de Corea.



Foro Científico. El tema del Foro Científico del año en curso es "Gestión de los desechos radiactivos: de las opciones a las soluciones". Las reuniones incluyen exposiciones de destacados expertos en este campo, una mesa redonda y debates abiertos sobre los temas y problemas concretos. Entre los temas figuran la situación de la gestión de desechos radiactivos en el plano mundial; la creación de un repositorio nacional para el combustible gastado; los aspectos tecnológicos de la gestión de desechos radiactivos; la disposición final de desechos radiactivos en condiciones de seguridad; el transporte seguro de desechos radiactivos; y la gestión de fuentes radiactivas selladas gastadas. Los objetivos principales del Foro son señalar a la atención de los representantes gubernamentales de alto nivel algunas importantes cuestiones científicas y técnicas de la esfera de la gestión de desechos radiactivos y promover la toma de conciencia respecto de la dimensión internacional de los actuales acontecimientos.

Como en años anteriores, se puede obtener información diaria sobre la Conferencia y el Foro en el sitio de Internet *WorldAtom* del OIEA, en www.iaea.org. En el sitio aparecerá la información de que se dispone tanto antes como en el transcurso de la Conferencia.

NOTICIAS MUY BREVES...

■ **Asistencia a Chernóbil:** Por invitación del Gobierno de Ucrania, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, visitó ese país a finales de agosto de 2000. Además de reunirse con Ministros de Gobierno y altos funcionarios, recorrió la central nuclear de Chernóbil y la zona circundante, evacuada después del accidente en 1986, así como instalaciones para el tratamiento de desechos. La visita se realizó en el contexto del anunciado cierre de la última unidad en explotación de Chernóbil (unidad 3), en diciembre, y de las medidas que se toman para fortalecer el sarcófago de la unidad 4. Según se acordó, la cuestión relativa a la clausura de la central de Chernóbil será considerada la máxima prioridad del programa de cooperación técnica del OIEA

para Ucrania. Con ese fin, Ucrania, gracias a la ayuda del Organismo, preparará un plan general conceptual para la clausura de las cuatro unidades. Se convino, además, en que el Organismo continuará proporcionando asesoramiento técnico a Ucrania durante el proceso de clausura. Además de la clausura, el OIEA, entre otras cosas, seguiría prestando asistencia a Ucrania en el fortalecimiento de la eficacia de su sistema de reglamentación de la seguridad, el perfeccionamiento de la seguridad de sus centrales nucleares en explotación, el aseguramiento de la gestión segura de desechos nucleares, el fortalecimiento de la infraestructura de seguridad nuclear y radiológica del país y la formulación de una política a largo plazo en materia de energía.

■ **Exposición sobre Hiroshima-Nagasaki.** Para contribuir a conmemorar el quincuagésimo quinto aniversario del bombardeo atómico a Hiroshima y Nagasaki, las dos ciudades japonesas y organizaciones internacionales inauguraron una exposición dedicada a la paz mundial en el Centro Internacional de Viena. Los copatrocinadores son el OIEA, la Comisión preparatoria de la Organización del Tratado de prohibición completa de los ensayos nucleares y la Oficina de las Naciones Unidas en Viena, con el apoyo adicional de la Ciudad de Viena. La exposición quedó oficialmente inaugurada el 5 de septiembre, con la presencia del Alcalde de Hiroshima, el Sr. Tadatashi Akiba.

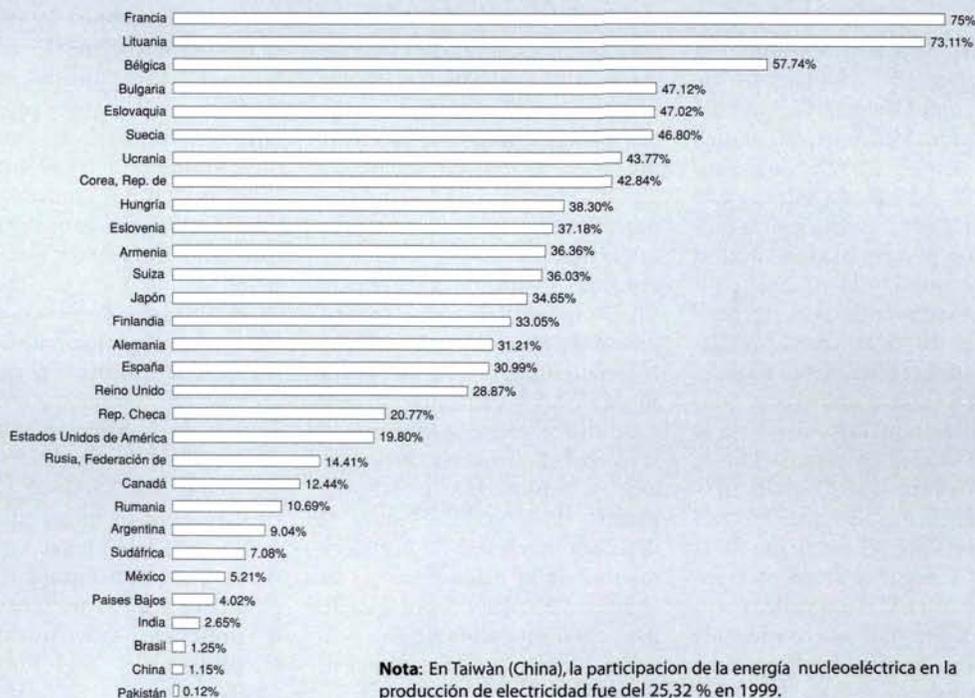
SITUACION DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN EL MUNDO

	REACTORES EN FUNCIONAMIENTO		REACTORES EN CONSTRUCCION	
	Nº DE UNIDADES	MW(E) TOTALES NETOS	Nº DE UNIDADES	MW(E) TOTALES NETOS
ALEMANIA	19	21 122		
ARGENTINA	2	935	1	692
ARMENIA	1	376		
BELGICA	7	5 712		
BRASIL	1	626	1	1 229
BULGARIA	6	3 538		
CANADA	14	9 998		
CHINA	3	2 167	7	5 420
COREA, REP.DE	16	12 990	4	3 820
ESLOVAQUIA	6	2 408	2	776
ESLOVENIA	1	632		
ESPAÑA	9	7 470		
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	104	97 145		
FINLANDIA	4	2 656		
FRANCIA	59	63 103		
HUNGRIA	4	1 729		
INDIA	11	1 897	3	606
IRAN, REP. ISLAMICA DE			2	2 111
JAPON	53	43 691	4	4 515
LITUANIA	2	2 370		
MEXICO	2	1 308		
PAISES BAJOS	1	449		
PAKISTAN	1	125	1	300
REINO UNIDO	35	12 968		
REP. CHECA	4	1 648	2	1 824
RUMANIA	1	650	1	650
RUSIA, FEDERACION DE	29	19 843	3	3 375
SUDAFRICA	2	1 842		
SUECIA	11	9 432		
SUIZA	5	3 079		
UCRANIA	14	12 115	4	3 800
TOTAL MUNDIAL*	433	349 063	37	31 128

*El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4884 MW(e). Dos unidades están en construcción. El cuadro refleja la situación hasta finales de abril de 2000, según la información recibida por el OIEA.

PARTICIPACION DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD

Abril de 2000



Nota: En Taiwán (China), la participación de la energía nucleoelectrónica en la producción de electricidad fue del 25,32 % en 1999.

Senior Auditor, Office of Internal Audit Office of the Director General (2000/085). This P-4 post provides assurance to the Director General that a cost-effective system of internal controls and procedures is in place and functioning; independent and objective guidance, advice and appraisals to Agency managers, based on a systematic, proactive and risk-based approach, on managing resources more economically and efficiently and enhancing Agency operations; facts surrounding alleged irregularities gathered through investigation; and recommendations to strengthen the relevant internal control and monitoring systems in order to minimize the risk and prevent the recurrence of any violations and irregular activities. The post requires demonstrated experience of leading a team; excellent English oral and written communication skills, including report drafting, reviewing and revising, as well as making oral presentations, are essential; knowledge of computer systems and controls, control self assessment and risk assessment is essential; computer proficiency in standard office systems, such as Word, Excel and Access, and computer assisted audit tools is essential. Fluency in English. Knowledge of other official languages is desirable (i.e. Arabic, Chinese, French, Russian or Spanish).
Closing Date: 9 February 2001

Section Head, Dosimetry and Medical Radiation Physics Section, Division of Human Health, Department of Nuclear Sciences and Applications (2000/082). This P-5 post is responsible for the formulation, co-ordination and implementation of the Agency's activities in the field of radiation dosimetry and medical radiation physics, and for supervision and co-ordination of the Agency's *Dosimetry Laboratory (Seibersdorf)*. In addition, the Section Head acts as IAEA secretary of the IAEA/WHO (World Health Organization) Network of Secondary Standard Dosimetry Laboratories (SSDLs) with responsibility for the preparation and revision of criteria for the establishment and operation of SSDLs. The post requires a PhD with specialization in medical radiation physics (ion chamber radiotherapy dosimetry) or radiation metrology; at least 15 years (10 years after PhD) of combined practical

experience as a hospital physicist (with emphasis on radiotherapy, nuclear medicine and diagnostic X-rays) and as a metrology scientist, substantiated by a good publication record; extensive research experience in modern dosimetry; thorough experience in the measurement and dosimetry of ionizing radiation from protection-level to processing dose levels; thorough experience with current codes of practice for the measurement of absorbed dose, recent developments in radiation dosimetry and quality assurance procedures; thorough knowledge of radiation safety measures at the hospital level, with emphasis on the protection of patients during ongoing therapeutic or diagnostic procedures; acquaintance with the work of primary standard dosimetry laboratories and familiarity with the recommendations of the International Commission of Radiation Units and Measurements and other international organizations; thorough experience in the management of scientific projects and budgeting; experience in staff supervision; ability to write scientific papers and make presentations on the subject; familiarity with the specific problems of developing countries. Fluency in written and spoken English and ability to write technical reports in English essential. Knowledge of Spanish, Russian or French desirable.

Closing Date: 9 February 2001

Regional Co-ordinator, Europe Section, Division for Europe, Latin America and West Asia Department of Technical Co-operation (2000/092). This P-5 post will manage the Europe regional nuclear safety and nuclear power projects; ensure that the programme of regional projects remain responsive to participating countries' needs in the light of rapidly changing national and technical developments in the field of nuclear safety; ensure co-operation and co-ordination of the nuclear safety and power programmes with other major donors and international organizations. The post requires an advanced university degree in nuclear engineering and sciences; at least 15 years' experience in the field of nuclear safety and power engineering and nuclear safety regulatory practices; five years' experience in a senior position in the field of international relations concerned with

assistance programmes to the CEEC (Central and Eastern European Countries) and NIS (Newly Independent States) is required; extensive experience in the development, implementation and evaluation of development or technical co-operation programmes; knowledge of national and regional issues and conditions as well as the inter-relationships between/across sectoral borders. Ability to promote participation and commitment to projects; ability to prepare reports and documents, make presentations, and to advocate donor support for approaches and activities developed by the participating States; familiarity with information technology; familiarity with/understanding of nuclear technology; and proficiency in English and another IAEA official language of the region (i.e. French, Spanish or Russian).
Closing Date: 9 February 2001

READER'S NOTE

The IAEA Bulletin publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are not the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. Applications are invited from suitably qualified women as well as men. *More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing to the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.*

POST ANNOUNCEMENTS ON THE INTERNET

The IAEA's vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. *They can be accessed through the IAEA's World Atom services on the World Wide Web at the following address: <http://www.iaea.or.at/worldatom/jobs>.* Also accessible is selected background information about employment at the IAEA and a sample application form. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.



SISTEMA INTERNACIONAL DE DOCUMENTACION NUCLEAR (INIS)

TIPO DE BASE DE DATOS:
Bibliográfica

PRODUCTOR:

Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con 103 Estados Miembros del OIEA y 19 organizaciones internacionales cooperantes

CONTACTO CON EL OIEA:
OIEA

Sección del INIS
P.O. Box 100
A-1400 Viena (Austria)
Teléfono: (43-1) 2600-22842
Facsimile: (43-1) 26007-22842
Correo electrónico:
INIS.CentreServicesUnit@iaea.org
Más información sobre el INIS en:
<http://www.iaea.org/inis/inis.htm>
Para suscribirse a la Base de Datos del INIS en Internet:
<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>
Base de datos de demostración disponible en forma gratuita

NUMERO DE REGISTROS EN LINEA DESDE 1970 HASTA LA FECHA:
más de 2 millones

AMBITO

Información del mundo entero sobre la utilización pacífica de la ciencia y la tecnología nucleares; aspectos económicos y ambientales de otras fuentes energéticas.

MATERIAS ABARCADAS

Las principales materias comprendidas son: reactores nucleares, seguridad de reactores, fusión nuclear, aplicación de radiaciones o isótopos en la medicina, la agricultura, la industria y la lucha contra las plagas. Se incluyen también esferas conexas tales como química nuclear, física nuclear y ciencia de los materiales. Se hace especial hincapié en las repercusiones para la salud, ambientales y económicas de la energía nuclear así como en los aspectos económicos y ambientales de las fuentes energéticas no nucleares. Se abarcan también los aspectos jurídicos y sociales asociados con la energía nuclear.



SISTEMA DE INFORMACION SOBRE REACTORES DE POTENCIA (PRIS)

TIPO DE BASE DE DATOS
Fáctica

Productor

Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con 32 Estados Miembros del OIEA

CONTACTO CON EL OIEA

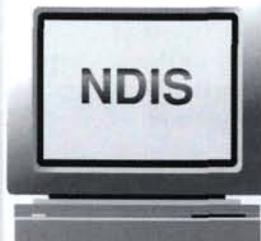
OIEA, Sección de Ingeniería Nucleoeléctrica
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono: (43-1) 2600
Télex: (1)-12645
Facsimile: (43-1) 26007
Correo electrónico:
r.spiegelberg-planer@iaea.org
Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en:
<http://www.iaea.org/programmes/a2/>

AMBITO

Información del mundo entero sobre reactores de potencia en explotación, en construcción, programados o parados, y datos sobre experiencia operacional de las centrales nucleares en los Estados Miembros del OIEA.

MATERIAS ABARCADAS

Situación, nombre, ubicación, tipo y proveedor de los reactores; proveedor del generador de turbina; propietario y explotador de la central; potencia térmica; energía eléctrica bruta y neta; fecha de inicio de la construcción, primera criticidad, primera sincronización con la red, explotación comercial, parada y datos sobre las características del núcleo del reactor y sistemas de la central; energía producida; pérdidas previstas e imprevistas de energía; factores de disponibilidad y de no disponibilidad energética; factor de explotación y factor de carga.



SISTEMA DE INFORMACION SOBRE DATOS NUCLEARES (NDIS)

TIPO DE BASE DE DATOS
Numérica y bibliográfica

PRODUCTOR

Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con el Centro Nacional de Datos Nucleares de los Estados Unidos, el Laboratorio Nacional de Brookhaven, el Banco de Datos Nucleares de la Agencia para la Energía Nuclear, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos en París (Francia) y una red de otros 22 centros de datos nucleares de todo el mundo.

CONTACTO CON EL OIEA

OIEA, Sección de Datos Nucleares
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono: (43-1) 2600
Télex: (1)-12645
Facsimile: (43-1) 26007
Correo electrónico:
o.schewerer@iaea.org
Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en:
<http://www.nds.iaea.org/>

AMBITO

Ficheros de datos numéricos sobre física nuclear que describen la interacción de las radiaciones con la materia, y datos bibliográficos conexos.

TIPOS DE DATOS

Datos evaluados de reacciones neutrónicas en el formato ENDF; datos de reacciones nucleares experimentales en el formato EXFOR, para reacciones inducidas por neutrones, partículas cargadas o fotones; períodos de semidesintegración nuclear y datos de desintegración radiactiva en los sistemas NUDAT y ENSDF; información bibliográfica conexas de las bases de datos CINDA y NSR del OIEA; otros tipos de datos diversos.

Nota: Las recuperaciones de datos fuera de línea del NDIS pueden obtenerse también del productor en cinta magnética.



SISTEMA DE INFORMACION SOBRE DATOS ATOMICOS Y MOLECULARES (AMDIS)

TIPO DE BASE DE DATOS
Numérica y bibliográfica

PRODUCTOR

Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con la red del Centro de Datos Atómicos y Moleculares, un grupo de 14 centros nacionales de datos de varios países.

CONTACTO CON EL OIEA

OIEA, Dependencia de Datos Atómicos y Moleculares, Sección de Datos Nucleares
Correo electrónico:
j.a.stephens@iaea.org
Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en:
<http://www-amdis.iaea.org>

AMBITO

Datos sobre la interacción de los átomos, las moléculas y el plasma con la superficie, y las propiedades de los materiales de interés para la investigación y tecnología de la fusión.

MATERIAS ABARCADAS

Incluye datos formateados ALADDIN sobre la estructura y los espectros atómicos (niveles energéticos, longitudes de onda, y probabilidades de transición); choque de los electrones y las partículas pesadas con los átomos, iones y moléculas (secciones eficaces y/o coeficientes de velocidad, incluida, en la mayoría de los casos, el ajuste analítico de los datos); extracción de las superficies por la acción de los componentes básicos del plasma y la autoextracción; reflexión de las partículas en las superficies; propiedades termofísicas y termomecánicas del berilio y los grafitos pirrolíticos.

Nota: Las recuperaciones de datos fuera de línea y de datos bibliográficos, así como el soporte lógico y el manual de ALADDIN podrán obtenerse también del productor en disquetes, cinta magnética o copia impresa.

Para acceder a estas bases de datos, sírvase establecer contacto con los productores. Las informaciones de estas bases de datos también pueden adquirirse en forma impresa dirigiéndose al productor. Las de INIS y AGRIS se pueden obtener además en CD-ROM.

Para la amplia gama de bases de datos del OIEA, véanse los servicios **WorldAtom** Internet del Organismo en <http://www.iaea.org/database/dbdir/>.



International Nuclear Information System

INIS Database

on **INTERNET**

To subscribe go to
<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>

• nuclear energy • nuclear power plants • nuclear reactors • nuclear fuel •
• radioactive waste • nuclear safety • nuclear law • safeguards •
• environmental and economic aspects of nuclear and
nonnuclear energy sources • nuclear
physics • nuclear fusion •
• treaties •

INIS Database

on Internet

• uranium •
• nuclear chemistry •
• corrosion • radiation chemistry •
• radioactive contamination • labelling •
• radionuclide transport and monitoring in land,
water and atmosphere • nuclear medicine • radiotherapy •

INIS

International Nuclear Information System

Access current and retrospective information through the INIS Database. For more than 28 years, the scientific, academic and industrial communities have used the INIS Database to retrieve references to literature on relevant nuclear science and technology subjects.

For more information about INIS please go to <http://www.iaea.org/inis/inis.htm>

It's your turn now!!!

**Subscribe to the INIS Database at:
<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>**

LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

En los países que se enumeran a continuación, las publicaciones del OIEA se pueden adquirir en los lugares que se señalan seguidamente o en las principales librerías del país. El pago se puede efectuar en moneda nacional o con cupones de la UNESCO.

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH
Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn
Teléfono: +49 228 94 90 20
Facsimil: +49 228 21 74 92
Web site: <http://www.uno-verlag.de>
Correo electrónico: unoverlag@aol.com

AUSTRALIA

Hunter Publications
58A Gipps Street Collingwood
Victoria 3066
Teléfono: +61 3 9417 5361
Facsimil: +61 3 9419 7154
Correo electrónico: jpgdavies@ozemail.com.au

BELGICA

Jean de Lannoy
avenue du Roi 202, B-1190 Bruselas
Teléfono: +32 2 538 43 08
Facsimil: +32 2 538 08 41
Correo electrónico: jean.de.lannoy@infoboard.be
Web site: <http://www.jean-de-lannoy.be>

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino:
China Nuclear Energy Industry Corporation
Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

DINAMARCA

Munksgaard Subscription Service
Nørre Søgade 35 P.O. Box 2148
DK-1016 Copenhagen K
Teléfono: +45 33 12 85 70;
Facsimil: +45 33 12 93 87
Correo electrónico:
subscription.service@mail.munksgaard.dk
Web site: <http://www.munksgaard.dk>

ESLOVAQUIA

Alfa Press, s.r.o, Raianska 20
SQ-832 10 Bratislava
Teléfono/Facsimil: +42 1 7 5660489

ESPAÑA

Díaz de Santos
Lagasca 95, E-28006 Madrid
Teléfono: +34 91 431 24 82
Facsimil: +34 91 575 55 63
Correo electrónico: madrid@diazdesantos.es
Díaz de Santos, Balmes 417-419
E-08022 Barcelona
Teléfono: +34 93 212 86 47;
Facsimil: +34 93 211 49 91
Correo electrónico: balmes@diazsantos.com
Correo electrónico general: librerias@diazdesantos.es
Web site: <http://www.diazdesantos.es>

FRANCIA

Nucléon, Immeuble Platon
Parc les Algorithmes, Saint Aubin
P.O. Box 53, F-91192 Gif-sur-Yvette, Cedex
Teléfono: +33 1 69 353636;
Facsimil: +33 1 69 350099
Correo electrónico: nucleon@wanadoo.fr

HUNGRÍA

Librotrade Ltd., Book Import
P.O. Box 126, H-1656 Budapest
Teléfono: +36 1 257 7777;
Facsimil: +36 1 257 7472
Correo electrónico: books@librotrade.hu

ISRAEL

YOZMOT Ltd., 3 Yohanan Hasandlar St.
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv
Teléfono: +972 3 5284851
Facsimil: +972 3 5285397

ITALIA

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU",
Via Coronelli 6, I-20146 Milán

Teléfono: +39 2 48 95 45 52, 48 95 45 62
Facsimil: +39 2 48 95 45 48

JAPON

Maruzen Company, Ltd.
P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo Internacional
Teléfono: +81 3 3272 7211
Facsimil: +81 3 3278 1937
Correo electrónico: yabe@maruzen.co.jp
Web site: <http://www.maruzen.co.jp>

MALASIA

Parry's Book Center Sdn. Bhd.
60 Jalan Negara, Taman Melawati
53100 Kuala Lumpur,
Teléfonos: +60 3 4079176, 4079179, 4087235
Facsimil: +60 3 407 9180
Correo electrónico: haja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

PAISES BAJOS

Martinus Nijhoff International
P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haya
Teléfono: +31 793 684 400
Facsimil: +31 793 615 698
Correo electrónico: info@nijhoff.nl
Web site: <http://www.nijhoff.nl>

Swets and Zeitlinger b.v.,
P.O. Box 830, NL-2160 SZ Lisse
Teléfono: +31 252 435 111
Facsimil: +31 252 415 888
Correo electrónico: infoho@swets.nl
Web site: <http://www.swets.nl>

POLONIA

Foreign Trade Enterprise
Ars Polona, Book Import Dept.
7 Krakowskie Przedmiescie Street
PL-00-950 Varsovia
Teléfono: +48 22 826 1201 ext. 147, 151, 159
Facsimil: +48 22 826 6240
Correo electrónico: ars_fol@bevy.hsn.com.pl
Web site: <http://www.arspolona.com.pl>

REINO UNIDO

The Stationary Office Ltd
International Sales Agency
51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR
Teléfono: +44 171 873 9090
Facsimil: +44 171 873 8463
Correo electrónico:
Pedidos:book.orders@theso.co.uk
Informaciones: ipa.enquiries@theso.co.uk
Web site: <http://www.the-stationery-office.co.uk>

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Y CANADA

Bernan Associates, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD
20706-4391, EE UU
Teléfono: 1-800-274-4447 (llamada sin cargo)
Facsimil: (301) 459-0056 /
1-800-865-3450 (llamada sin cargo)
Correo electrónico: query@bernan.com
Web site: <http://www.bernan.com>

SINGAPUR

Parry's Book Center Pte. Ltd
528 A Macpherson Road, Singapur 1336
Teléfono: +65 744 8673
Facsimil: +65 744 8676
Correo electrónico: haja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

FUERA DE LOS ESTADOS UNIDOS Y CANADA

Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones,
Organismo Internacional de Energía Atómica,
Wagramerstrasse 5, Apartado 100
A-1400 Viena, Austria
Teléfono: +43 1 2600 22529 (o 22530)
Facsimil: +43 1 26007 29302
Correo electrónico: sales.publications@iaea.org
Web site: <http://www.iaea.org/worldatom/publications>

SAFETY STANDARD SERIES

SAFETY ASSESSMENT FOR NEAR SURFACE
DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE: Safety
Guide
Safety Standard Series No. WS-G-1.1
ISBN 92-0-101299-3 Price: ATS160/€11.63

DECOMMISSIONING OF NUCLEAR POWER
PLANTS AND RESEARCH REACTORS: Safety
Guide
Safety Standard Series No. WS-G-2.1
(in production)

DECOMMISSIONING OF MEDICAL, INDUSTRIAL
AND RESEARCH FACILITIES: Safety Guide
Safety Standard Series No. WS-G-2.2
(in production)

TECHNICAL REPORTS SERIES

VERIFICATION AND VALIDATION OF
SOFTWARE RELATED TO NUCLEAR POWER
PLANT INSTRUMENTATION AND CONTROL
Technical Report Series No. 384
ISBN 92-0-100799-X Price: ATS480/€134.88

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF SITES
FOR GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE
WASTES
Technical Report Series No. 391
ISBN 92-0-100299-8 Price: ATS280/€20.35

GUIDANCE FOR COMPARATIVE ASSESSMENT
OF THE HEALTH AND ENVIRONMENTAL
IMPACTS OF ELECTRICITY GENERATION
SYSTEMS
Technical Report Series No. 394
(in production)

STATE-OF-THE-ART TECHNOLOGY FOR
DECONTAMINATION AND DISMANTLING OF
NUCLEAR FACILITIES
Technical Report Series No. 395
(in production)

RADIATION SAFETY

OCCUPATIONAL RADIATION PROTECTION:
Safety Guide
Safety Standard Series No. RS-G-1.1
ISBN 92-0-102299-9 Price: ATS200/€14.53

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE
DUE TO INTAKE OF RADIONUCLIDES: Safety
Guide
Safety Standard Series No. RS-G-1.2
ISBN 92-0-101999-8 Price: ATS200/€14.53

NUCLEAR FUSION

WORLD SURVEY OF ACTIVITIES IN
CONTROLLED FUSION RESEARCH, 1997 Edition
on CD-ROM, Nuclear Fusion, Special
Supplement 1997
Price: ATS 450/€32.70

Con respecto a estos libros y otras publicaciones del OIEA para la venta se puede solicitar información a la División de Publicaciones del Organismo (correo electrónico: sales.publications@iaea.org). La lista completa de las publicaciones del Organismo puede consultarse por conducto de los servicios de Internet del Organismo WorldAtom en: <http://www.iaea.org>

*ATS (Chelines austriacos)

AMSR 150 . . .

the Future of Neutron Coincidence Counting — HERE and NOW



**Authorised
For Routine
Safeguards
Inspection**

Latest Generation of Los Alamos Advanced Multiplicity Shift Register for Advanced Neutron Measurements and Remote Monitoring Applications

- The only multiplicity shift register guaranteed to be fully compatible with the IAEA Neutron Coincidence Counting (INCC) software and with Multi-Instrument Collect
- Emulates and is backward compatible with JSR-11 and JSR-12 shift registers
- Local and remote operating modes
- “Smart” network connectivity (automated setup and operation by computer)
- Local data storage provides buffer against network failure
- Built-in processor for authentication, encryption, local real-time analysis, and event triggering
- Full multiplicity electronics provides neutron totals, doubles, and triples distributions
- Provides all necessary voltages for neutron coincidence/multiplicity counters
- Extensive connectivity:
 - Serial-port interface
 - Ethernet (network interface cards)
 - PCMCIA interface
 - Two auxiliary scalers
 - Flash memory storage cards
 - External trigger signals for other sensors such as cameras

The AMSR 150 is available NOW from both ANTECH and ORTEC.

ANTECH


PerkinElmer[™]
instruments.

ORTEC[®] **HOTLINE 800-251-9750**

USA
(303) 430-8184

USA
(423) 482-4411

AUSTRIA
(01) 91422510

UK
(0118) 9773003

JAPAN
(047) 3927888

RUSSIA
(02) 9374594

UK
(01491) 824444

CANADA
(800) 268-2735

FRANCE
04.76.90.70.45

ITALY
(02) 2383210

GERMANY
(07081) 1770

PRC
(010) 6566 8166

OIEA PROYECTOS COORDINADOS DE INVESTIGACION

ELABORACION DE EQUIPOS DE RADIOFARMACOS DE TECNECIO 99^m PARA LA FORMACION DE IMAGENES DE LAS INFECCIONES

Las infecciones siguen siendo una de las causas principales de morbilidad y mortalidad en todo el mundo y la formación de imágenes por escintigrafía podría facilitar el diagnóstico de estados graves difíciles de diagnosticar por otros medios. Un requisito importante en este sentido es disponer de radiofármacos que puedan concentrarse selectivamente en los lugares donde se producen las infecciones. El número de radiofármacos disponibles para la formación de imágenes de las infecciones es limitado, a lo que hay que añadir dificultades de costo, disponibilidad o comportamiento. En particular, la elaboración de agentes nuevos y mejorados para la formación de imágenes de las infecciones y marcados con Tc 99^m (el isótopo de uso más común en la formación de imágenes), sigue siendo un objetivo valioso en la investigación y el desarrollo científicos. El PCI va dirigido a la elaboración de agentes específicos para la formación de imágenes de las infecciones basados en un anticuerpo monoclonal, sus fragmentos y péptidos.

TECNOLOGIAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DIAGNOSTICO DE LA QUIMICA DEL AGUA Y EL CONTROL DE LA CORROSION (DAWAC)

La corrosión de las vainas de las barras de combustible y de los materiales componentes de los circuitos primarios viene siendo desde hace muchos años una grave preocupación en relación con los reactores nucleares de potencia refrigerados por agua, especialmente los que funcionan con grados de quemado y térmico elevados. Ante esta situación, el Organismo viene ejecutando desde 1981 una serie de proyectos coordinados de investigación (PCI) destinados a una mejor comprensión de los procesos de corrosión de las vainas (CCI, 1981-1986), las mejoras en la tecnología de refrigeración por agua (WACOLIN, 1987-1991) y el desarrollo y puesta en práctica de técnicas/sensores avanzados de vigilancia en línea de la química del agua y la corrosión en centrales nucleares (WACOL, 1995-2000). El PCI WACOL ha demostrado, sin embargo, que sólo podrán obtenerse todas las ventajas de utilizar sensores en línea en modo de tiempo real si las señales de los sensores, así como otros datos químicos y operacionales, se recogen y analizan continuamente con programas informáticos para la adquisición y evaluación de datos. En algunas instalaciones industriales se han instalado ya tanto sistemas de adquisición de datos como sistemas inteligentes para el diagnóstico de la química del agua.

CONSERVACIÓN Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE HTGR

En este proyecto de investigación se determinarán las necesidades de investigación y se intercambiará información sobre los avances en materia de tecnología de un número limitado de esferas temáticas de interés primordial para el desarrollo de reactores de alta temperatura (HTR), y se establecerá, dentro de estas esferas temáticas, una función de coordinación centralizada para la conservación de conocimientos técnicos de HTGR y para la colaboración internacional utilizando métodos electrónicos de archivo, adquisición de datos e intercambio de información.

Información preliminar sujeta a cambios. Para obtener información más completa acerca de las reuniones del OIEA se ruega dirigirse a la Sección de Servicios de Conferencia del OIEA en la Sede del Organismo en Viena, o consultar la publicación trimestral del OIEA *Meetings on Atomic Energy*, preparada por la División de Información Pública del Organismo, o a través de los servicios de Internet *WorldAtom* del OIEA en <http://www.iaea.org>. Para obtener más detalles sobre los proyectos coordinados de investigación del OIEA, dirigirse a la Sección de Administración de Contratos de Investigación en la Sede del OIEA. Los programas están encaminados a facilitar la cooperación a escala global en temas científicos y técnicos en diversas esferas, que van desde las aplicaciones de las radiaciones en la medicina, la agricultura y la industria hasta la tecnología nucleoelectrónica y la seguridad nuclear.



OIEA SIMPOSIOS Y SEMINARIOS

REUNIONES PROGRAMADAS PARA 2001

MARZO

Conferencia Internacional sobre la protección radiológica de los pacientes (en radiología de diagnóstico e intervención, medicina nuclear y radioterapia)
26 a 30 de marzo, Málaga (España)

ABRIL

Conferencia Internacional sobre el estudio del cambio ambiental utilizando técnicas isotópicas
19 a 23 de abril, Viena (Austria)

MAYO

Conferencia Internacional sobre seguridad de los materiales: medidas para prevenir, interceptar y responder a la utilización ilícita de materiales nucleares y fuentes radiactivas
7 a 11 de mayo, Estocolmo (Suecia)

Seminario Internacional sobre la situación y las perspectivas de los reactores de pequeña y mediana potencia
27 a 31 de mayo, El Cairo (Egipto)

AGOSTO

Simposio Internacional sobre instrumentos isotópicos para la vigilancia del estado nutricional en los programas de nutrición y desarrollo (parte integrante de la 17ª Conferencia Internacional de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición)
27 a 31 de agosto, Viena (Austria)

OCTUBRE

Simposio Internacional sobre salvaguardias internacionales
29 de octubre a 2 de noviembre, Viena (Austria)

NOVIEMBRE

Simposio Internacional sobre utilización de aceleradores de baja energía
Fechas sin determinar, Sao Paulo (Brasil)

Toda la información está sujeta a cambios. Véase el recuadro de la izquierda.

BOLETIN OIEA

REVISTA TRIMESTRAL DEL

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Publicado por la División de Información Pública del Organismo Internacional de Energía Atómica, Apartado de Correos 100

A-1400 Viena (Austria).

Tel.: (43-1) 2600-21270 Facsímil: (43-1) 26007

Correo electrónico: official.mail@iaea.org

Internet: www.iaea.org

DIRECTOR GENERAL: Dr. Mohamed ElBaradei

DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:

Sr. David Waller, Sr. Pierre Goldschmidt,

Sr. Victor Mourovov, Sr. Werner Burkart,

Sr. Jihui Qian, Sr. Zygmund Domaratzki

DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMACION

PUBLICA: Sr. David Kyd

REDACTOR-JEFE: Sr. Lothar H. Wedekind

AYUDANTE DE REDACCION:

Sra. Ritu Kenn

COMPOSICION/DISEÑO:

Sra. Ritu Kenn; Sr. S. Brodek, Viena

COLABORADORES DE LOS DEPARTAMENTOS:

Sra. A. Schiffmann, Sra. R. Spiegelberg

Sra. Melanie Konz-Klingsbögel

APOYO PARA LA PRODUCCION:

Sr. P. Witzig, Sr. H. Hunt, Sr. D. Schroder,

Sr. R. Breiteneker, Sra. P. Murray,

Sra. M. Liakhova, Sr. A. Adler, Sr. L. Nimetzki

Ediciones en diversos idiomas

APOYO PARA LA TRADUCCION:

División de Idiomas del OIEA

EDICION EN FRANCÉS: Sr. Yvon Prigent,

traducción, edición

EDICION EN ESPAÑOL: Equipo de Servicios de

Traductores e Intérpretes (ESTI), La Habana, Cuba,

traducción; Sr. L. Herrero, edición

EDICION EN CHINO: Servicio de Traducciones de la

Corporación de la Industria de la Energía Nuclear de

China, Beijing; traducción, impresión, distribución

EDICION EN RUSO: JSC Interdiakkt+, Moscú;

traducción, impresión, distribución

PUBLICIDAD

Los anuncios publicitarios en los cuales, sin previa autorización por escrito, se utilice el nombre, emblema y sello oficial del OIEA, o la abreviatura del nombre del OIEA, o se indique que el anunciante, proveedor o fabricante suministra o ha suministrado bienes o servicios al OIEA, o se implique que el OIEA ha apoyado o autorizado un producto o servicio determinado, no se aceptarán para su publicidad en el Boletín.

La correspondencia relativa a la publicidad debe dirigirse a la División de Publicaciones del OIEA, Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones, Apartado de Correos 100, A-1400, Viena (Austria). Para establecer contacto, véanse más arriba los números de teléfono, facsímil y correo electrónico

El Boletín del OIEA se distribuye gratuitamente a un número limitado de lectores interesados en el OIEA y en la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. Las solicitudes por escrito deben dirigirse al Redactor-jefe. Pueden citarse libremente extractos de los textos del OIEA contenidos en este Boletín del OIEA, siempre que se mencione su origen. Cuando en un artículo se indique que su autor no es funcionario del OIEA, deberá solicitarse a ese autor o a la organización a que pertenezca permiso para la reimpresión del material, a menos que se trate de reseñas. Las opiniones expresadas en los artículos firmados o en los anuncios de este Boletín no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y el OIEA declina toda responsabilidad por las mismas.

ESTADOS MIEMBROS DEL OIEA

1957

Afghanistan

Albania

Alemania

Argentina

Australia

Austria

Belarus

Brasil

Bulgaria

Canadá

Cuba

Dinamarca

Egipto

El Salvador

España

Estados Unidos de

América

Etiopía

Federación de Rusia

Francia

Grecia

Guatemala

Haití

Hungría

India

Indonesia

Israel

Italia

Japón

Marruecos

Mónaco

Myanmar

Noruega

Nueva Zelandia

Países Bajos

Pakistán

Paraguay

Perú

Polonia

Portugal

Reino Unido

de Gran Bretaña

e Irlanda del Norte

República de Corea

República Dominicana

Rumania

Santa Sede

Sri Lanka

Sudáfrica

Suecia

Suiza

Tailandia

Túnez

Turquía

Ucrania

Venezuela

Viet Nam

Yugoslavia

1958

Bélgica

Camboya

Ecuador

Filipinas

Finlandia

Irán, Rep. Islámica del

Luxemburgo

México

Sudán

1959

Iraq

1960

Colombia

Chile

Ghana

Senegal

1961

Libano

Mali

República democrática

del Congo

1962

Liberia

Arabia Saudita

1963

Algeria

Bolivia

Côte d'Ivoire

Jamahiriyah Árabe Libia

República Árabe Siria

Uruguay

1964

Camerún

Gabón

Kuwait

Nigeria

1965

Costa Rica

Chipre

Jamaica

Kenya

Madagascar

1966

Jordania

Panamá

1967

Sierra Leona

Singapur

Uganda

1968

Lichtenstein

1969

Malasia

Níger

Zambia

1970

Irlanda

1972

Bangladesh

1973

Mongolia

1974

Mauricio

1976

Emiratos Árabes Unidos

Qatar

República Unida de

Tanzania

1977

Nicaragua

1983

Namibia

1984

China

1986

Zimbabue

1992

Eslovenia

Estonia

1993

Armenia

Croacia

Eslovaquia

Lituania

República Checa

1994

Ex República Yugoslava

de Macedonia

Islas Marshall

Kazajstán

Uzbekistán

Yemen

1995

Bosnia y Herzegovina

1996

Georgia

1997

Letonia

Malta

República de Moldova

1998

Benin

Burkina Faso

1999

Angola

Honduras

Para la entrada en vigor del Estatuto del OIEA se requería la ratificación de dieciocho Estados. Al 29 de julio de 1957, los Estados que figuran en negrilla (incluida la antigua Checoslovaquia) habían ratificado el Estatuto.

El año indica el de ingreso como Estado Miembro. Los nombres de los Estados no corresponden necesariamente a su designación histórica.

El ingreso de los países que figuran en cursivas ha sido aprobado por la Conferencia General del OIEA y entrará en vigor una vez depositados los instrumentos jurídicos pertinentes.



El Organismo Internacional de Energía Atómica, creado el 29 de julio de 1957, es una organización intergubernamental independiente dentro del sistema de las Naciones Unidas. El Organismo, que tiene su Sede en Viena (Austria), cuenta actualmente con 130 Estados Miembros que mancomunados sus esfuerzos para realizar los objetivos principales del Estatuto del OIEA: acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurar en la medida que le sea posible que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares.

La sede del OIEA, en el Centro Internacional de Viena.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.

6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan

Telephone: (0422) 45-5111

Facsimile: (0422) 45-4058

Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102