

# LOGRAR MAS CON MENOS

## ORIENTACION TECNICA PARA MINIMIZAR LOS DESECHOS RADIATIVOS

POR RUDOLF BURCL, MICHELE LARAIA Y ARNOLD BONNE

En tiempos en que los problemas ambientales y financieros afectan mucho a las operaciones industriales, la explotación eficiente de las instalaciones nucleares y la gestión de desechos conexos han cobrado más importancia. Uno de los problemas claves surgidos durante el proceso de adopción de decisiones es el referido principalmente a la forma de minimizar los desechos radiactivos con miras a mantener bajos los costos. Ahora bien, el centrarse únicamente en los costos puede simplificar demasiado el problema, y pudiera acarrear otros inconvenientes, sobre todo en la esfera de la gestión de desechos radiactivos, donde intervienen muchos factores y es importante que las decisiones se tomen en el momento oportuno.

En sus documentos técnicos, el OIEA define la minimización de desechos como "un concepto que abarca la reducción de desechos, tanto respecto del volumen como de la actividad, hasta el nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse". Con todo, esta definición no refleja la complejidad de la minimización de desechos, que es parte integrante de una cultura de gestión y seguridad de desechos más amplia e integral, encaminada a reducir de manera eficiente los efectos radiológicos y ambientales de los desechos generados.

Una estrategia de minimización de desechos desafortunada

podría ser "una moneda de dos caras": representaría ahorros desde el punto de vista financiero, pero también introduciría nuevos riesgos o modificaría los ya asociados a la instalación. En cada enfoque de minimización de desechos, los ahorros obtenidos de la reducción de los costos siempre deben compararse con otros factores, en especial los relacionados con la seguridad de los explotadores y del público en general.

En el presente artículo se reseñan los principales aspectos técnicos de las actividades de minimización de los desechos, y se señalan criterios que deben tenerse en cuenta en el proceso de adopción de decisiones. Se centra especial atención en la explotación y clausura de centrales nucleares, ya que estas actividades son fuentes importantes de desechos radiactivos, y se espera que ofrezcan las mayores posibilidades de éxito en la aplicación de políticas y técnicas de minimización de desechos. Otros productores de desechos también pudieran aplicar enfoques de minimización de desechos pertinentes.

### EVALUACION DE LA SITUACION

La minimización de desechos abarca aspectos de organización, tecnológicos y económicos. Por consiguiente, los proyectos deben evaluarse detenidamente teniendo en cuenta cada una de las condiciones y circunstancias.

El tipo de evaluación que debe realizarse, la minuciosidad con que se haga la evaluación y la exhaustividad de los exámenes que efectúen los órganos internos y las autoridades reguladoras, o ambos, deben guardar relación con la magnitud de los cambios de que se trate. Desde luego, algunos tipos de desechos son, sin duda, más problemáticos que otros, y su generación debe evitarse a toda costa, ejemplo típico de ello es el de los desechos radiactivos que son al mismo tiempo químicamente tóxicos, denominados, en general, desechos mixtos.

El beneficio real derivado de los proyectos de minimización de desechos es proporcional a su complejidad y alcance. Cabe esperar que los niveles de eficacia más altos se logren con proyectos nacionales o de empresas, que incluyan una o más instalaciones nucleares y/o con la introducción sistemática de mejoras en las aplicaciones de los radionucleidos.

En la planificación y ejecución de proyectos complejos y más significativos de minimización de desechos suelen considerarse los siguientes compo-

---

*El Sr. Burcl y el Sr. Laraia son funcionarios de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos del Departamento de Energía Nuclear del OIEA. El Sr. Bonne es Director Interino de la División y Jefe de la Sección de Tecnología de los Desechos.*

centes: estrategia de minimización de desechos; reducción de fuentes de desechos; y minimización de los volúmenes de desechos para su almacenamiento o evacuación.

**Estrategia de minimización de desechos.** Una de las necesidades imperiosas de minimizar los desechos es la que se señala como objetivo fundamental, generalmente aceptado, de la gestión de desechos radiactivos: "...obrar de forma tal que se protejan la salud humana y el medio ambiente ahora y en el futuro sin imponer una carga indebida a las generaciones futuras" (*Principios para la gestión de desechos radiactivos*, Vol. No. 111/F de la Colección Seguridad del OIEA, 1996.) Esta regla está debidamente reflejada en la mayoría de los documentos pertinentes del OIEA, así como en los documentos reglamentadores y legislativos básicos de los Estados Miembros del Organismo.

Debe establecerse una estrategia de minimización de desechos que sirva de base conceptual para la planificación y aplicación coordinadas de las medidas deseadas. Pueden incluirse, entre otros, los siguientes aspectos:

**Criterios administrativos.**

Incluyen el fundamento legislativo para la gestión y minimización de desechos, que comprende políticas acertadas y racionales para la dispensa y evacuación de desechos; la delimitación de responsabilidades y la concertación de acuerdos comerciales entre las compañías de servicios públicos y los encargados de la gestión de desechos; las hipótesis económicas (apoyo económico, tasas impositivas, tarifas de descuento); el sistema de garantía de calidad; y la cualificación y capacitación del personal.

**Criterios técnicos y de seguridad.** Incluyen, entre otros, la capacidad y el comportamiento de las centrales eléctricas, el tipo de reactor y la ubicación;

los principios de diseño de la instalación nuclear y cada uno de los componentes; la vida operacional prevista de las instalaciones; la estrategia de acondicionamiento de desechos (al nivel nacional, así como de cada instalación); y la estrategia de evacuación de desechos, la escala, el tipo y la ubicación de las instalaciones de almacenamiento y evacuación.

**Reducción de las fuentes de desechos.** El método más directo para disminuir los costos del tratamiento y la evacuación de los desechos es reducir la generación de desechos tanto desde el punto de vista de volumen como de actividad en la fuente. La forma más dinámica es analizar los medios para minimizar los desechos durante la fase de definición de las especificaciones del diseño y la construcción de nuevas instalaciones. La generación de desechos también puede reducirse de manera significativa examinando y modificando las prácticas existentes en las instalaciones en explotación. Puede lograrse una considerable reducción de los desechos si ya en la fase de diseño se consideran los posibles procedimientos de clausura como parte de las medidas encaminadas a planificar ésta de manera adecuada.

Considerar los requisitos para minimizar los desechos desde las fases de diseño y construcción de las instalaciones nucleares puede repercutir de manera directa en la futura generación de desechos, tanto durante la explotación como durante la clausura. Las principales opciones técnicas relacionadas con el diseño son:

- selección correcta de materiales (resistencia a la corrosión, tratamientos de superficie de alta calidad, poca tendencia a activar y/o producir radionucleidos que puedan ocasionar problemas);
- aplicación de la tecnología más eficaz, fiable y avanzada a fin de asegurar que el equipo se

mantenga funcionando el mayor tiempo posible sin necesidad de reemplazarlo ni de darle mantenimiento;

- alto rendimiento de los componentes y prevención de la acumulación involuntaria de desechos, y minimización de fugas o drenaje, para evitar el reparar componentes activos y generar desechos adicionales; y
- apropiada separación de los medios activos y no activos y segregación de los medios activos conforme a su naturaleza y actividad.

La clausura de instalaciones nucleares genera volúmenes sumamente grandes de desechos radiactivos, la mayoría de ellos de actividad baja o intermedia. Además, gran parte de ellos pertenece a la categoría de "desechos de actividad muy baja". El aporte de desechos de actividad intermedia y alta de estos volúmenes es comparativamente pequeño, menos del 5% aproximadamente. La generación de desechos procedentes de la clausura puede reducirse de manera considerable empleando técnicas de descontaminación apropiadas; la segregación y separación rigurosas de las corrientes de desechos; el reciclado y la reutilización de metales y materiales de construcción seleccionados; y el establecimiento y la aplicación de políticas adecuadas de dispensa y evacuación.

En las centrales nucleares, gracias a los esfuerzos coordinados que los explotadores han desplegado durante los últimos diez años, ha podido lograrse grandes reducciones en la generación de desechos operacionales, en un factor de cuatro a cinco cuando se miden por volúmenes, y en un factor de diez cuando se miden por su actividad total. El mayor beneficio potencial de los esfuerzos por reducir los desechos puede esperarse en la fase de clausura, en lo fundamental, porque un 75% de los desechos procedentes del desmantelamiento pudieran clasificarse



carse como desechos de actividad muy baja, con grandes posibilidades de quedar exentos del control reglamentario.

Las medidas prácticas típicas que pueden contribuir a reducir la generación de desechos radiactivos operacionales están encaminadas a:

- limitar la cantidad y extensión de las zonas controladas y detectar todos los lugares de trabajo y todas las fases del proceso donde pueda impedirse que el material se convierta en desecho radiactivo;
- establecer sistemas de contabilidad y rastreo de desechos a fin de cuantificar las fuentes, los tipos, las cantidades, las actividades y las características de los desechos;
- aplicar nuevos procesos tecnológicos (buena práctica operacional) y modificar los procedimientos de mantenimiento y renovación para que ayuden a reducir los desechos;
- reutilizar materiales recuperados (por ejemplo, ácido bórico, metales especiales, material

de fisión) con miras a reducir la generación de desechos y disminuir los gastos de explotación;

- reciclar y reutilizar líquidos dentro del proceso (como soluciones descontaminantes y aguas de lavandería) con el fin de reducir el volumen y los posibles efectos sobre el medio ambiente de los líquidos descargados;
- establecer un sistema de clasificación de desechos y de separación de las corrientes de desechos para impedir la mezcla inadecuada y asegurar la caracterización y el tratamiento subsiguiente más eficientes;
- establecer un sistema riguroso para la segregación de los desechos contaminados no activos y activos de la zona fiscalizada; y
- aumentar la difusión de información entre el personal con respecto a los criterios, técnicas y métodos mejorados de reducción de desechos, y hacer hincapié en la capacitación del personal en lo tocante a las prácticas que se apliquen con este fin.

Estos procedimientos están mayormente orientados a que los explotadores de las grandes instalaciones nucleares reduzcan la generación de desechos. No obstante, también son plenamente aplicables por usuarios de radionucleidos en pequeña escala.

**Minimización de los volúmenes de desechos para su almacenamiento o evacuación.** Los costos de almacenamiento y evacuación suelen ser la principal razón, aunque no la única, para que los explotadores reduzcan el volumen de los desechos generados. Ante la oposición pública y política a la construcción de instalaciones, por motivos ambientales o de otra índole, los esfuerzos por aprovechar al máximo el espacio en las instalaciones de almacenamiento y evacuación existentes han cobrado aún más

*Foto: Durante las operaciones de desmantelamiento en Alemania se cortó la tapa de la vasija de un reactor prototipo. La planificación adecuada de la clausura de reactores puede resultar en una considerable reducción de desechos.*

importancia para las organizaciones encargadas de la gestión de desechos.

Diversas técnicas de tratamiento y acondicionamiento permiten reducir de manera sustancial el volumen final de desechos acondicionados.

Una de las técnicas es almacenar materiales de desecho durante tiempo suficiente a lo largo del cual se desintegran sus niveles de radiactividad. Esta técnica suele usarse para reducir los desechos procedentes de las aplicaciones de radisótopos de período corto, y, en cierta medida, los provenientes de instalaciones nucleares en explotación o que se están clausurando. Este método pudiera simplificar los subsiguientes procesos de tratamiento y/o acondicionamiento de desechos, y aumentar su eficacia, o resultar en la exención de controles reglamentarios. La reducción de los volúmenes de desechos radiactivos por desintegración natural es uno de los importantes factores que ha conducido a la selección de una estrategia de desmantelamiento diferido para las instalaciones nucleares clausuradas.

Otra técnica es la de reciclar y reutilizar metales, así como algunos tipos de materiales de construcción civil (hormigón), procedentes de la renovación y clausura de instalaciones nucleares. El principal beneficio económico se deriva del ahorro que reporta el evitar los costos de evacuación, más que el reutilizar o reciclar los materiales directamente. Lo mismo es válido para la fusión de la chatarra metálica, que permite lograr reducciones significativas de los volúmenes de desechos.

Con ciertos tipos de desechos puede aplicarse métodos de tratamiento avanzados a fin de reducir el volumen de desechos y cumplir los requisitos reglamentarios para su almacenamiento y/o evacuación.

Para grandes volúmenes de desechos acuosos muy diluidos que contienen contaminantes radioquímicos y químicos, se están desarrollando membranas avanzadas y procesos de microfiltración. Por ejemplo, en el Laboratorio Nacional Los Alamos, en los Estados Unidos, se creó un nuevo sistema integrado de filtración por membrana para el tratamiento de entre seis y diez millones de litros de desechos radiactivos líquidos. Con el sistema de microfiltración de dióxido de titanio se obtiene un factor de concentración más elevado que con el método de tratamiento anterior, se reduce el uso de productos químicos, y se produce agua efluente de alta calidad para la descarga.

Los métodos por membrana también pueden aplicarse al tratamiento de desechos complejos que contienen diversas proporciones de componentes orgánicos. Pueden ser un eficiente método que reemplace métodos más complicados de biodegradación, catalíticos y de altas temperaturas, que se utilizan para la descomposición de compuestos orgánicos.

Otros métodos basados en el uso de la incineración y la supercompactación, ampliamente aplicados para reducir el volumen de desechos radiactivos sólidos, producen factores de reducción de más de diez. Algunos problemas específicos pueden resolverse mediante la incineración combinada de desechos sólidos y muchos tipos de desechos orgánicos de actividad baja. Por ejemplo, el petróleo usado y las resinas de inter-

cambio iónico pueden transformarse en formas minerales estables y homogéneas apropiadas para el acondicionamiento y evacuación definitivos.

## ORIENTACION OPORTUNA

A lo largo de la evolución de la energía nuclear se han desarrollado tecnologías y métodos para la gestión eficaz de los desechos radiactivos, incluida su minimización. En los últimos años se han observado nuevos avances en técnicas y prácticas de tratamiento, diseñadas para reducir los costos y satisfacer los requisitos reglamentarios que son cada vez más estrictos por motivos ambientales y de otra índole.

Como parte de su labor en esta esfera, el OIEA ha publicado una serie de informes técnicos sobre diversos aspectos de la gestión de desechos radiactivos, incluidas las estrategias y prácticas de minimización.\* Para obtener beneficios reales de las estrategias encaminadas a minimizar los desechos radiactivos, se requiere una evaluación integral de todas las opciones disponibles desde los puntos de vista ambiental, económico y técnico.

En los próximos años, la cooperación para el intercambio de conocimientos tendrá que seguir siendo un importante elemento de los programas de gestión de desechos radiactivos, a medida que se seleccionen más instalaciones nucleares para la clausura y surjan nuevas tecnologías para el tratamiento de diferentes tipos de corrientes de desechos. □

\* Estos informes incluyen *Factors Relevant to the Recycling or Reuse of Components Arising from the Decommissioning and Refurbishment of Nuclear Facilities* (TRS-293); *Planning and Management for the Decommissioning of Research Reactors and other Small Nuclear Facilities* (TRS-351); *Status and Technology for Volume Reduction and Treatment of Low- and Intermediate-Level Solid Radioactive Waste* (TSR-360); *Assessment and Comparison of Waste Management System Costs for Nuclear and Other Energy Sources* (TRS-366); *Minimization of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and the Back End of the Nuclear Fuel Cycle* (TRS-377); y *Characterization of Radioactive Waste Forms and Packages* (TRS-383).