



por *Didier Louvat y Phil Metcalf*

# Cerrar el ciclo

***Han surgido algunas opciones para la disposición final de los desechos de actividad baja, y en el horizonte de varios Estados Miembros se vislumbran buenas perspectivas para la disposición final geológica de los desechos radiactivos.***

Cilindros de desechos radiactivos ficticios en el centro de visitantes de Rokkasho-mura (Japón) sirven para hacer una demostración de cómo se envasan y almacenan los desechos radiactivos.  
(Foto: K. Hansen/OIEA)

La gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos representa tareas particularmente difíciles a las que han de hacer frente los nuevos países nucleares y los ya existentes, a la vez que son una preocupación de primer orden para el público. Todo ello reviste especial importancia porque el periodo de vida de un programa de energía nuclear puede superar los 100 años o más, y la necesidad de una gestión adecuada del combustible gastado y de los desechos radiactivos se prolonga mucho más todavía.

Hace mucho que está reconocida la importancia de la gestión tecnológicamente segura de los desechos radiactivos para la protección de la población y del medio ambiente, y se ha adquirido una experiencia

considerable a la hora de definir objetivos de seguridad, establecer normas de seguridad y desarrollar tecnología y mecanismos para su demostración. No obstante, aunque se han hecho progresos significativos en los Estados Miembros del OIEA por lo que respecta a la gestión segura de sus desechos radiactivos, aun son necesarios más esfuerzos en diversos países para formular estrategias y fortalecer la infraestructura nacional para aplicar las estrategias nacionales.

## **El régimen mundial de seguridad tecnológica**

Se reconoce que la seguridad de la gestión de los desechos radiactivos es motivo de preocupación internacional debido al carácter mundial de la industria

nuclear y a que los prolongados periodos de tiempo que implica su gestión reducen el papel de las fronteras internacionales. Este reconocimiento adquiere mayor fuerza a medida que se incrementa el uso de la energía nuclear. Con miras a garantizar la seguridad de la gestión de los desechos radiactivos, la comunidad internacional ha establecido un régimen mundial de seguridad nuclear que consta de varios elementos, entre ellos la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, y las normas internacionales de seguridad. Complementan este régimen internacional los marcos nacionales jurídicos y reguladores.

## El inventario mundial de los desechos radiactivos

Desde la emergencia de la explotación de la energía nuclear en el decenio de 1940, el inventario mundial de desechos radiactivos gestionados hasta la fecha, comprendidos los volúmenes acumulativos ya en disposición final, asciende aproximadamente a cuarenta y un millones de metros cúbicos de desechos de actividad baja e intermedia, doscientas mil toneladas métricas (metal pesado) de combustible nuclear gastado, cuatrocientos mil metros cúbicos de desechos de actividad alta y dos mil millones de metros cúbicos de residuos procedentes del ciclo de producción del uranio. Hay que señalar que la gran mayoría de los desechos de actividad alta (aproximadamente el 89%) procede de las actividades armamentísticas del período de la guerra fría en los Estados Unidos y la ex Unión Soviética, la mayor parte de los cuales permanece en forma líquida, no procesada. El índice medio anual mundial de disposición final de todas las clases de desechos combinadas oscila aproximadamente en torno a tres millones de metros cúbicos al año, fundamentalmente desechos de actividad baja o muy baja. La acumulación anual de desechos de actividad alta se mantiene bastante constante, con un índice medio de acumulación de unos ochocientos cincuenta metros cúbicos al año en el mundo entero (basándose en el volumen medio de los desechos de actividad alta producidos por tonelada métrica de combustible gastado reprocesado). Los desechos de actividad baja, intermedia y alta son categorías diferentes de desechos que requieren niveles progresivamente mayores de contención y aislamiento de las personas y del medio ambiente.

## Opciones para la disposición final de los desechos radiactivos

Los desechos producidos hasta la fecha se han gestionado de formas diversas. Algunos se mantienen en diversas instalaciones de almacenamiento a la espera de decisiones sobre su disposición final, algunos están almacenados en espera de la construcción de una instalación de disposición final y algunos se encuentran en una disposición final definitiva. Se han ideado distintos tipos de instalación para la disposición final, pero en principio todos ellos constan de una serie de

barreras técnicas y naturales concebidas para aislar los desechos de la biosfera y refrenar su contenido radiactivo con objeto de eliminar los riesgos de la radiación para las personas y el medio ambiente. El almacenamiento y la disposición final de los desechos radiactivos de actividad baja son una práctica bien establecida en el mundo entero, y existen más de un centenar de instalaciones de disposición final. También el almacenamiento del combustible nuclear gastado y de los desechos de actividad alta es una práctica bien establecida. La realización de instalaciones de disposición final para el combustible nuclear gastado y los desechos de actividad alta lleva casi tres decenios en marcha y justo está empezando a dar fruto. La opción de

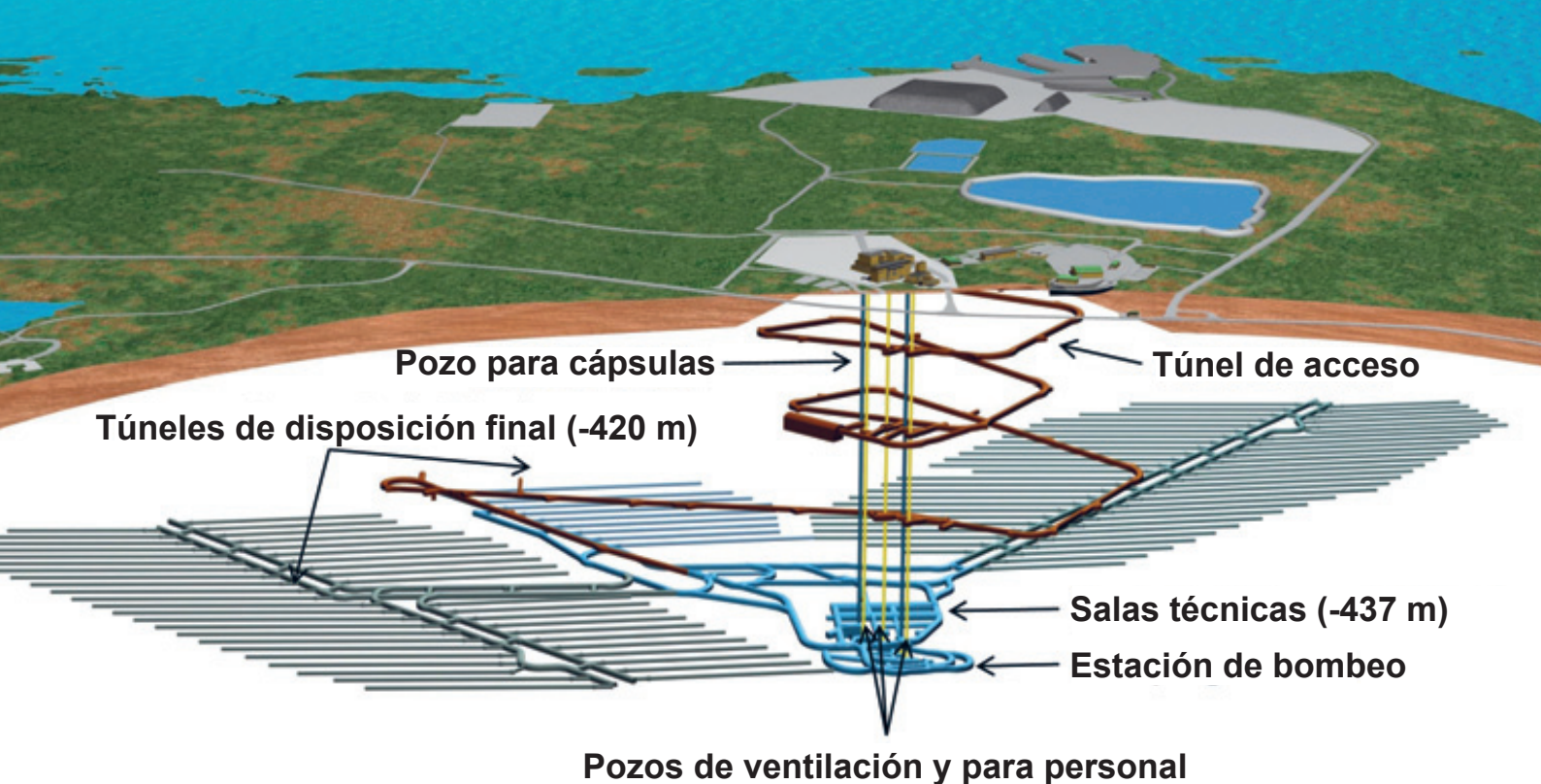


diseño elegida es la disposición final en horizonte geológico profundo (un estrato de roca con una composición particular) y, si bien se encuentra en una fase muy avanzada de su desarrollo conceptual, sigue sin aplicarse.

## La disposición final geológica de los desechos radiactivos de actividad alta

En varios países se han elaborado proyectos de realización de instalaciones de disposición final geológica de los desechos radiactivos de actividad alta y el combustible nuclear gastado. Hasta la fecha se han efectuado numerosas actividades para investigar la adecuación de distintas geologías, los diseños conceptuales de las instalaciones de disposición final y cómo lograr la aceptación de las comunidades correspondientes. Estos aspectos tecnológicos y sociopolíticos han experimentado progresos al ritmo de las muchas lecciones aprendidas, en particular la necesidad de una investigación científica bien fundamentada junto con

En busca de medios de asegurar los desechos radiactivos. El laboratorio subterráneo de Grimsel, en los Alpes suizos, se utiliza durante todo el año para estudiar los medios de proceder a una disposición final tecnológicamente segura de los desechos muy radiactivos. En esta fotografía puede verse un túnel del repositorio profundo del combustible nuclear gastado. (Laboratorio subterráneo de Grimsel, Suiza).



Representación por un artista de una instalación de disposición final de desechos nucleares de actividad alta. (Imagen: Posiva Oy)

un diálogo abierto y transparente entre todas las partes interesadas.

Unos cuantos países han hecho grandes avances tanto en lo que respecta al desarrollo tecnológico como a la aceptación pública, hasta el punto de que actualmente están preparando solicitudes de licencia y presentándolas a las autoridades reguladoras nacionales. En 2008 se presentó una solicitud de licencia para la Instalación de Yucca Mountain en los EE.UU., que está siendo examinada por la Comisión Reguladora Nuclear (USNRC), aunque reina la incertidumbre política sobre el futuro del proyecto\*. Para 2010 está prevista en Suecia una solicitud de licencia de un emplazamiento de disposición final geológica en Forsmark; se espera que se inicie la construcción en 2015 y su funcionamiento en 2023.

En Finlandia, la solicitud de licencia para una disposición final geológica en el emplazamiento de Olkiluoto está prevista para finales de 2012, esperándose la licencia de funcionamiento en 2018 y el comienzo de éste en 2020. En Francia, una solicitud de licencia para la construcción de una disposición final geológica en la zona de la Meuse está prevista para finales de 2014, con la construcción iniciándose después de 2016 y el funcionamiento en 2025. Finlandia y Suecia procederán a la disposición final de combustible gastado, en tanto que Francia lo hará con desechos vitrificados resultantes del reprocesamiento del combustible gastado. En

\* En enero de 2010, el Secretario de Energía de los EE.UU. anunció la creación de una Comisión del Lazo Azul sobre el Futuro Nuclear de los Estados Unidos de América que formulará recomendaciones sobre la gestión del combustible gastado y los desechos nucleares. En marzo, el Departamento de Energía retiró su solicitud pendiente de licencia para un repositorio geológico permanente en Yucca Mountain.

todos los casos se han llevado a cabo amplias investigaciones científicas de los fenómenos y procesos que influyen en la seguridad tecnológica de las instalaciones de disposición final y se han ideado soluciones técnicas para la configuración de la disposición subterránea. Se han desarrollado argumentos de seguridad y éstos se han integrado y se están integrando, junto con todas las pruebas y datos de apoyo científicos, técnicos y administrativos, en justificaciones de la seguridad estructuradas, que constituyen la base de las consideraciones para la concesión de licencias. El examen y la aprobación de las justificaciones de la seguridad por parte de las autoridades reguladoras se iniciarán en Suecia, Finlandia y Francia. Si bien se ha adquirido una experiencia considerable en la concesión de licencias para instalaciones nucleares, se ha tratado hasta la fecha de instalaciones con un periodo de vida finito y bajo control operacional. Se reconoce que la concesión de licencia para la disposición final geológica es un proceso nuevo para las autoridades reguladoras, cuyas dificultades singulares obedecen a la longitud de los marcos temporales y al papel que desempeña el medio geológico natural.

Los medios geológicos huéspedes se han escogido tras un examen minucioso de sus propiedades y una evaluación de la posible evolución de la instalación de disposición final y de su medio geológico a lo largo del periodo de tiempo necesario para que el contenido radiactivo se desintegre sustancialmente. Esos marcos temporales son del orden de decenas o centenares de miles de años, muy largos desde un punto de vista humano, pero no tanto desde una perspectiva de historia geológica. Las autoridades reguladoras de los países interesados en la disposición final geológica han reconocido estos cambios y a lo largo del último decenio han entablado un diálogo considerable para establecer enfoques armonizados que determinen tanto los objetivos y criterios de seguridad tecnológica como

la forma de alcanzarlos y aplicarlos. Este diálogo tiene por objeto la elaboración de normas internacionales de seguridad. También han abordado proyectos internacionales de armonización para intercambiar ideas y experiencia sobre el correspondiente proceso de concesión de licencias.

## Normas de seguridad y proyectos internacionales

La elaboración de normas internacionales de seguridad para la disposición final geológica y la demostración de la seguridad tecnológica llevan varios años en marcha y se ha alcanzado ya un consenso muy considerable. No obstante, al mismo tiempo que el proceso minucioso de compilación de justificaciones de seguridad y solicitudes de licencia de instalación de disposición final geológica avanza y las autoridades reguladoras se preparan para su examen y lo abordan, quedan por resolver muchos puntos de detalle. Los Estados Miembros del OIEA han elaborado y aprobado una norma internacional revisada y consolidada de Requisitos de Seguridad para la disposición final de desechos radiactivos, y este año se publicarán actualizaciones. También se encuentran en una fase avanzada de preparación directrices detalladas sobre la justificación de la seguridad tecnológica y su examen por las autoridades reguladoras, y deberían contribuir en gran medida a lograr un enfoque armonizado a nivel internacional.

Como ya se ha indicado, los países que actualmente se orientan a la concesión de licencias de instalaciones de disposición geológica final y otros con programas menos adelantados reconocen las ventajas de unos planteamientos armonizados internacionalmente del proceso de concesión de licencias y han abordado diversas iniciativas pertinentes. Dentro de la región europea está en marcha desde hace algún tiempo una iniciativa sobre este proceso de armonización, y, en el plano internacional, tanto el OIEA como la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE) tienen

proyectos en curso, concretamente los de Seguridad Tecnológica de la Disposición Geológica (GEOSAF) y el Grupo de Integración para la Justificación de la Seguridad Tecnológica (IGSC). Estos proyectos de armonización versan sobre cuestiones esenciales relacionadas con la estructura y el contenido de la justificación de la seguridad tecnológica y su evolución a lo largo del periodo de vida del proyecto, el planteamiento del apoyo de la evaluación de la seguridad y los criterios de seguridad tecnológica para la evaluación de la seguridad posclausura a largo plazo. Está previsto que esta labor genere un consenso sobre múltiples aspectos de los procesos de demostración de la seguridad y concesión de licencias.

## Conclusión

A medida que el mundo tienda a incrementar la producción de energía a partir de la energía nucleoelectrónica, seguirán produciéndose mayores cantidades de desechos radiactivos. Gracias a los avances de la evolución de diseños de reactores y opciones del ciclo del combustible, se conseguirá indudablemente una mayor eficiencia, de resultados de la cual se producirán menos desechos radiactivos. No obstante, los volúmenes crecientes de éstos se irán acumulando y habrá que gestionarlos de manera segura. Se han elaborado opciones para la disposición final de los desechos de actividad baja y se vislumbran en el horizonte buenas perspectivas para la disposición final geológica de los desechos radiactivos. El próximo decenio debería confirmar estas perspectivas y permitir un final tecnológicamente seguro del ciclo del combustible nuclear. ☼

---

*Didier Louvat dirige la Sección de Seguridad de los Desechos y del Medio Ambiente del OIEA.*

*Correo-e: D.Louvat@iaea.org.*

*Phil Metcalf dirige la Dependencia de gestión de los Desechos Radiactivos y del Combustible Gastado del OIEA.*

*Correo-e: P.E.Metcalf@iaea.org.*

En Grimsel se descubrió una cueva de cristal de 16 millones de años de antigüedad. (Laboratorio subterráneo de Grimsel, Suiza.)

