

# Actividades nacionales e internacionales en la esfera de la evacuación subterránea de desechos radiactivos

---

por Dieter K. Richter\*

Las centrales nucleares y sus instalaciones del ciclo del combustible generan diversas clases de desechos radiactivos y la evacuación de estos desechos forma parte de las actividades de utilización de la energía nuclear. Dada la tecnología disponible hoy día, la manera más práctica de eliminar estos desechos es acumularlos bajo tierra en condiciones de seguridad. La evacuación "subterránea" comprende diversas modalidades de depósito de desechos debidamente acondicionados bajo la superficie terrestre, desde el enterramiento a poca profundidad, hasta la evacuación en rocas continentales profundas (evacuación en capas geológicas profundas) pasando por la evacuación en cavernas rocosas a diversas profundidades.

La evacuación sin riesgos de desechos radiactivos, en particular de los que contienen radionucleidos producidos por fisión nuclear, constituye también una de las principales inquietudes de los adversarios del empleo de la energía nucleoelectrónica. Por lo tanto, la evacuación es importante desde el punto de vista de la aceptación de la energía nuclear por la opinión pública en muchos países. Como se ha afirmado repetidamente, una de las cuestiones previas que deben resolverse, con miras a un mayor desarrollo industrial de la energía nucleoelectrónica, es la certidumbre de que existen medios adecuados para la evacuación sin riesgos de toda clase de desechos radiactivos.

En los últimos años, las actividades nacionales relativas a la evacuación subterránea de desechos radiactivos se han ampliado considerablemente en casi todos los países que utilizan la energía nucleoelectrónica o que están iniciando programas nucleoelectrónicos. Hoy se realizan en muchos países programas importantes para estudiar e investigar emplazamientos y métodos adecuados de evacuación de desechos. Puesto que la cuestión capital es la evacuación sin riesgos de los desechos de alta actividad y que contienen emisores alfa resultantes de la gestión de los combustibles nucleares agotados, la mayor parte de los programas nacionales se centran en el estudio de la utilización de formaciones geológicas profundas. Las cuestiones relativas a la evacuación de desechos radiactivos están adquiriendo un alcance internacional cada vez mayor y han pasado a ser un tema de suma prioridad y creciente importancia en el campo de la colaboración internacional.

## PROBLEMAS DE EVACUACION DE DESECHOS

Los países que explotan centrales nucleares tienen que adoptar decisiones referentes a las responsabilidades y medidas relacionadas con: a) la evacuación de desechos de actividad intermedia y baja procedentes de la explotación de centrales nucleares; b) la eliminación del combustible agotado, bien enviándolo al país suministrador o a otro país para su reelaboración, o bien evacuándolo eventualmente como desecho de alta actividad; y c) la evacuación de desechos de alta actividad que contienen actínidos, procedentes de la reelaboración, si el país

---

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

reelaborador, u otro país, no facilita los servicios de evacuación. Los aspectos internacionales de los puntos b) y c) son evidentes.

En muchos países han aumentado las necesidades de evacuación, bien porque exista la posibilidad de que los desechos de alta actividad sean devueltos por el país que reelabore los combustible agotados, o bien porque sea preciso prever la evacuación de los propios combustibles agotados. Los países que, además de centrales nucleares, exploten instalaciones de reelaboración de combustibles agotados, o piensen implantar un ciclo del combustible nuclear de paso único, deben tomar las disposiciones necesarias para la evacuación de los desechos resultantes de esa fase del ciclo.

Parece ser un principio fundamental que todo país que produzca desechos radiactivos tendrá que considerar ante todo la posibilidad de evacuarlos en su propio territorio. Las etapas de planificación y ejecución de una política de evacuación de desechos relacionada con un programa nucleoelectrico nacional son en particular las siguientes: decisión inicial a nivel administrativo y gubernamental de proceder a la evacuación subterránea; estudio de los territorios nacionales; selección preliminar y confirmación de lugares adecuados de evacuación; diseño, construcción, explotación y, eventualmente, cierre y vigilancia a largo plazo de esos lugares. Cada una de estas etapas requiere disposiciones apropiadas de orden institucional, reglamentador y financiero, así como trabajos de investigación y desarrollo y estudios adecuados de seguridad.

El objetivo de la evacuación de desechos es proteger la población actual y futura contra los posibles peligros originados por los desechos resultantes de la utilización de la energía nuclear. Existe también la posibilidad de que las operaciones de evacuación tengan que ser efectuadas por instituciones, después de que las instalaciones productoras de los desechos no se encuentren ya en explotación. Por lo tanto, la evacuación de desechos no plantea solamente cuestiones técnicas sino también aspectos sociales a largo plazo, tales como las responsabilidades en el plano institucional, financiero y jurídico.

Las diversas actividades de colaboración internacional comprenden el intercambio de información entre países sobre sus experiencias, prácticas y proyectos, con miras a lograr un enfoque armonizado mediante la formulación de directrices y criterios internacionales; también comprenden trabajos en cooperación en materia de investigación y desarrollo. Por último, la cooperación internacional podría implicar la consideración de la evacuación de desechos en el contexto de la planificación regional o internacional de todo el ciclo del combustible nuclear.

## ACTIVIDADES Y EXPERIENCIA NACIONALES

La evacuación de desechos de actividad baja e intermedia a poca profundidad (enterramiento) se practica desde hace decenios en muchos países, entre ellos Canadá, Francia, Estados Unidos de América, India, Reino Unido, Unión Soviética, etc. Gracias a la amplia variedad de prácticas utilizadas se ha adquirido una considerable experiencia para progresos futuros. Además, desde hace más de diez años, se utilizan las formaciones geológicas profundas para la evacuación de desechos radiactivos, principalmente procedentes de centros de investigación nuclear.

Desde 1967, la República Federal de Alemania viene ensayando en la antigua mina de sal de Asse, la evacuación de desechos sólidos de actividad baja e intermedia, los cuales se acondicionan y embalan en recipientes de acero u hormigón. La fracturación hidráulica se viene practicando desde 1966 en Oak Ridge (Estados Unidos de América) para evacuar desechos líquidos de actividad intermedia, mezclados con cemento y otros aditivos, en una capa de esquisto a unos 300 metros de profundidad. La URSS ha evacuado desechos líquidos de actividad baja e intermedia inyectándolos en estratos profundos, bien aislados y acuíferos,

a unos 1500 metros de profundidad. Checoslovaquia y España utilizan galerías de minas abandonadas para el almacenamiento de desechos embalados de baja actividad.

Hoy día, muchos países están investigando las posibilidades de la evacuación subterránea de desechos radiactivos dentro de sus territorios, a fin de establecer una política a largo plazo. En algunos países, las investigaciones se orientan hacia la creación de depósitos centrales para la evacuación de desechos de alta actividad y que contengan emisores alfa hacia mediados de los años noventa.

He aquí algunos ejemplos de las actividades desarrolladas en esta esfera:

En **Austria**, se realizan investigaciones sobre eventuales emplazamientos para la evacuación de desechos nucleares en territorio austriaco, así como sobre las posibilidades de obtener los servicios de otros países para la evacuación de tales desechos. Se están estudiando formaciones rocosas cristalinas, especialmente en el macizo de Bohemia meridional. Se ha hecho el anteproyecto de un depósito de evacuación para los desechos que se espera recibir del extranjero tras la reelaboración del combustible agotado en los años noventa. La explotación de la primera central nuclear austriaca está condicionada a la existencia de un lugar seguro de evacuación de desechos.

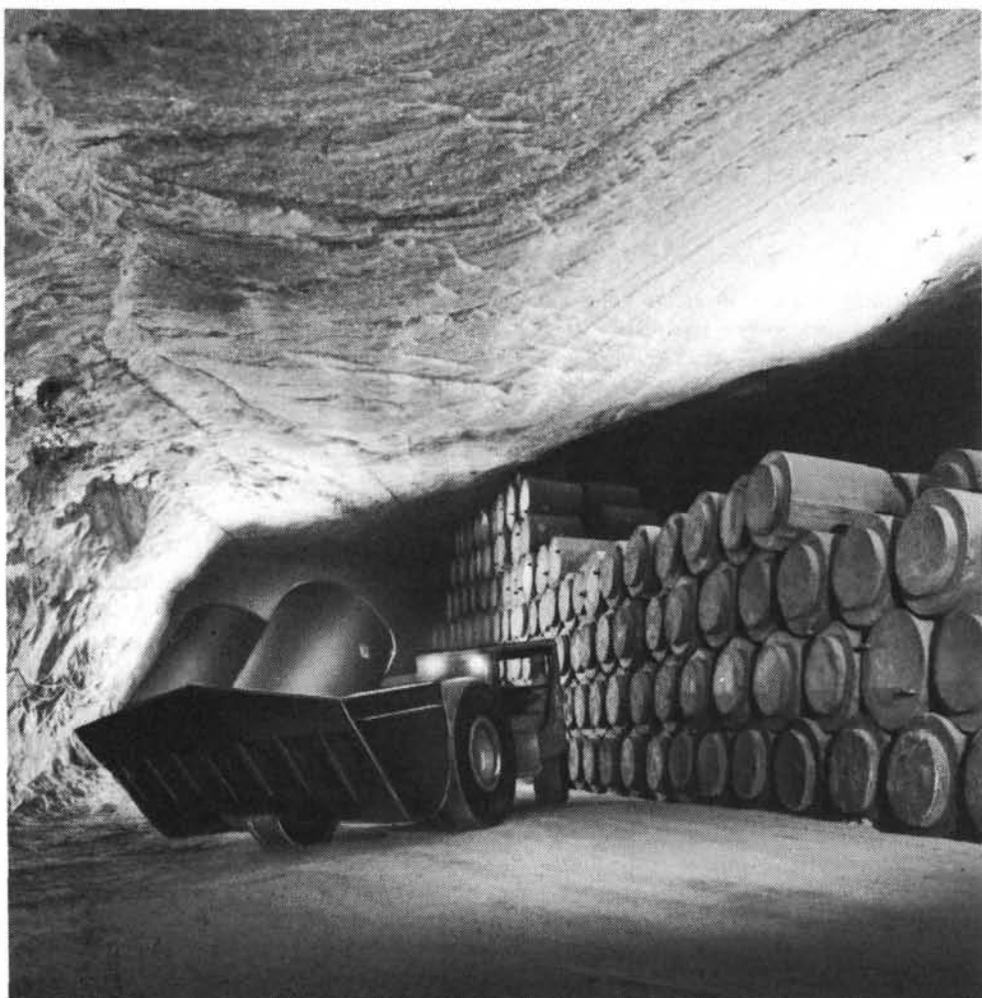
En **Bélgica** y en **Italia**, se está investigando la utilidad de las formaciones arcillosas para la evacuación de desechos. En Bélgica se están llevando a cabo prospecciones e investigaciones de laboratorio sobre las propiedades de una capa de arcilla situada en las proximidades de Mol. Las actividades comprenden estudios de migración de los radionucleidos, experimentos de calentamiento y un proyecto teórico, así como excavaciones subterráneas en la capa de arcilla. También se efectuarán ensayos en una caverna. En Italia se efectúan estudios similares, en particular estudios teóricos y ensayos de laboratorio acerca de las características hidrogeológicas, geotécnicas y térmicas de las formaciones arcillosas en una zona de Italia meridional.

**Canadá** está explorando las posibilidades que ofrecen los plutones (grandes masas de roca ígnea) del escudo canadiense como lugares de evacuación de desechos. También se están estudiando formaciones salinas. El programa comprende los reconocimientos geológicos, proyectos y trabajos de ingeniería necesarios para un depósito modelo. Se están realizando ensayos de laboratorio y ensayos sobre el terreno, en particular experimentos de calentamiento en una parte de una mina en explotación, así como estudios sobre el comportamiento de las aguas freáticas.

**Checoslovaquia** ha realizado estudios geológicos de su territorio para seleccionar un depósito para la evacuación a poca profundidad de desechos de actividad baja e intermedia de centrales nucleares. En cuanto a la evacuación de desechos de alta actividad, el interés se centra en la utilización de rocas cristalinas.

Las actividades desarrolladas en **Francia** se centran en las posibilidades de evacuación de desechos en rocas cristalinas, en particular en formaciones de granito. También se están estudiando las posibilidades de evacuación de desechos en formaciones salinas esquistosas o arcillosas. Se están investigando las características de las formaciones graníticas profundas. Las investigaciones comprenden el examen de modelos de transporte de radionucleidos por las aguas subterráneas, para lo que se ha establecido un modelo matemático, así como el estudio de barreras geoquímicas tales como las capas de arcilla.

La **República Democrática Alemana** ha estudiado las posibilidades para la evacuación de desechos radiactivos que brinda su territorio, y ha seleccionado una antigua mina de sal para su acondicionamiento como depósito central de evacuación de desechos de actividad baja e intermedia procedentes de centrales nucleares. También se están examinando los problemas relacionados con la evacuación de desechos de alta actividad en formaciones salinas rocosas.



Los métodos y tecnologías para la evacuación de desechos radiactivos se prueban en la antigua mina de Asse en la República Federal de Alemania. Foto: GSF mbH.

La **República Federal de Alemania** viene utilizando la antigua mina de sal de Asse como instalación de investigación y desarrollo. Se están efectuando preparativos para ensayar la evacuación de desechos solidificados de alta actividad. El programa de investigaciones comprende un proyecto a realizar en una caverna rocosa de la mina de sal de Asse para ensayar la depositación de desechos de actividad baja e intermedia directamente desde la superficie en una gran cavidad profunda. Se efectúan también investigaciones teóricas, de laboratorio y sobre el terreno acerca de la disipación de calor y la mecánica de las rocas, el análisis de riesgos, el proyecto de depósitos, el almacenamiento de elementos combustibles agotados, previamente condicionados, procedentes del reactor AVR, así como investigaciones sobre las posibilidades de solidificación in-situ de desechos líquidos de actividad baja e intermedia. Se han efectuado trabajos de reconocimiento en varios domos salinos de la parte septentrional del país con miras a la posible creación de un depósito que recibiría los desechos procedentes de un centro para el ciclo del combustible nuclear proyectado para

finales de los años ochenta. Actualmente se está investigando la idoneidad de un lugar determinado.

En la **India** se están evaluando diversas formaciones geológicas, en particular rocas ígneas y yacimientos sedimentarios escogidos en zonas asísmicas. Se prevé que, a continuación, se efectuarán investigaciones minuciosas de los emplazamientos.

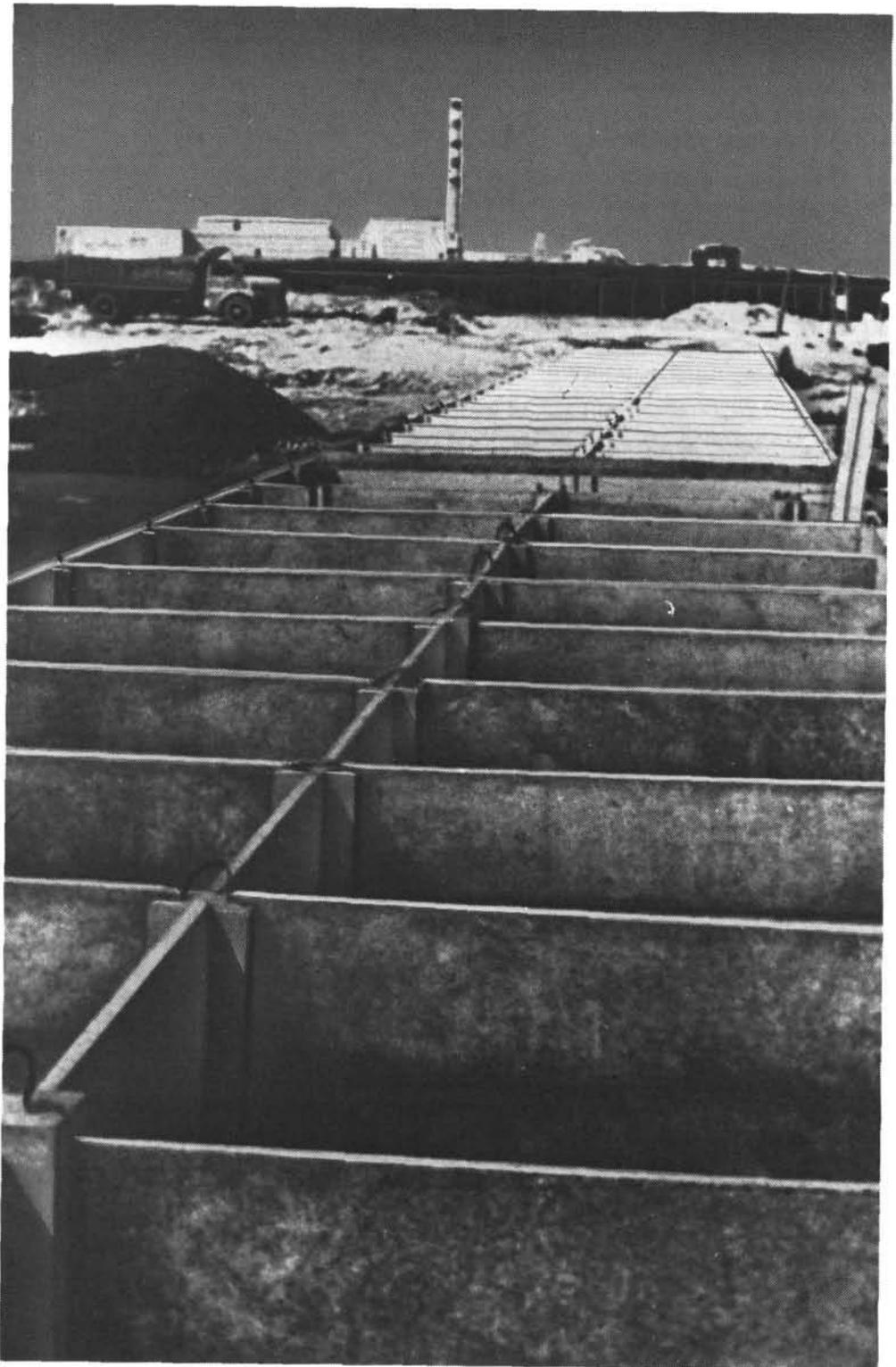
En los **Países Bajos**, se están explorando las posibilidades de evacuación de desechos en uno de los domos salinos de la parte nordeste del país. Se están realizando trabajos sobre proyecto de depósitos, repercusiones térmicas y evaluación de los aspectos de seguridad, incluyendo estudios de sorción en aguas subterráneas salinas.

En **Suecia** se ha trabajado a fondo para cumplir los requisitos de una ley aprobada en 1977. Dicha ley fija las condiciones para la instalación de toda nueva central nuclear. Según esas condiciones, el explotador del reactor ha de tener concertado un contrato para la reelaboración del combustible agotado y demostrar en la práctica cómo y dónde la eliminación definitiva (evacuación) de los desechos de alta actividad resultantes de la reelaboración del combustible puede realizarse en condiciones de seguridad "absoluta". Como consecuencia de la mencionada ley, además de los estudios a largo plazo patrocinados por el Gobierno, las compañías eléctricas suecas iniciaron un proyecto especial denominado "Seguridad del combustible nuclear", para demostrar la posibilidad de evacuar desechos de alta actividad y/o combustibles agotados en un depósito geológico profundo en rocas cristalinas. Los trabajos comprenden investigaciones de zonas, investigaciones hidrogeológicas de emplazamientos y ensayos sobre el terreno, características mecánicas hidrológicas de las rocas, investigaciones especiales sobre corrientes lentas de aguas subterráneas y migración de radionucleidos en rocas fracturadas, técnicas de acondicionamiento y deposición de desechos, proyecto de depósitos, y análisis de los aspectos de seguridad. El trabajo abarca también ensayos sobre el terreno en una formación granítica en la antigua mina de hierro de Stripa, en la parte central de Suecia, donde se están realizando experimentos de calentamiento in-situ e investigaciones especiales hidrogeológicas.

En **Suiza**, se están realizando estudios sobre las posibilidades de las cavernas en formaciones de anhidrita para la evacuación de desechos de actividad baja e intermedia, y sobre la posibilidad de evacuación de desechos de alta actividad en ciertas rocas de basamento salinas o cristalinas.

En el **Reino Unido** se están realizando investigaciones sobre la idoneidad de las rocas cristalinas para la evacuación de desechos de alta actividad y, en menor medida, sobre formaciones arcillosas y salinas. Los trabajos comprenden estudios de laboratorio y teóricos sobre el comportamiento de rocas y aguas subterráneas, estudios provisionales sobre el terreno en emplazamientos de características equivalentes a las de los que, en su caso, puedan resultar adecuados, e investigaciones de emplazamientos efectivos. Se estudian las interacciones fluido/roca y fluido/desechos, las aguas subterráneas, la realización de modelos de tensiones térmicas y experimentos de calentamiento a escala, el proyecto de depósitos, y las características geológicas detalladas en la superficie y en profundidad.

Los **Estados Unidos de América** iniciaron, en 1976, un Programa nacional de almacenamiento final de desechos, bajo la dirección de la USERDA (que actualmente forma parte del Departamento de Energía). El programa abarca la identificación de formaciones rocosas adecuadas para la evacuación de desechos, estudios de reconocimiento, ensayos in-situ, estudios de zonas y estudios detallados de confirmación sobre el terreno, así como el establecimiento de varios (hasta seis) depósitos centrales federales de desechos. Los trabajos relativos a las formaciones salinas son los más adelantados, pues se benefician de la experiencia ya adquirida. Entre las investigaciones anteriores sobre este tema figura el





Recipientes de hormigón para la evacuación subterránea de desechos de baja actividad en La Hague.  
Foto: CEA Francia.

proyecto "Salt Vault", realizado en los años sesenta, que consistió en diversos ensayos a escala piloto en que se simulaba la depositación de desechos de alta actividad en una mina de sal estratificada. Actualmente se está estudiando una planta piloto de aislamiento de desechos. En este depósito se piensa verter los desechos radiactivos resultantes del programa militar a mediados de los años ochenta, y se prevé que estará situado en una formación salina estratificada de Nuevo México. Se proyecta crear posteriormente otros depósitos federales para la evacuación de desechos procedentes del programa nucleoelectrico industrial, inclusive la evacuación de combustible agotado en el caso de que los Estados Unidos opten por un ciclo del combustible de paso único. Estos planes implican la búsqueda de dos emplazamientos en formaciones salinas y de otros varios emplazamientos en otros tipos de

---

◀ Enterramiento a poca profundidad de desechos de actividad baja en La Hague. Foto: CEA Francia.

formaciones, posiblemente en rocas esquistosas y cristalinas (basalto volcánico). Se están realizando investigaciones sobre formaciones no salinas en el polígono de ensayos de Nevada, cerca de Las Vegas, y en el de Hanford, cerca de Richland, Washington. Se está estudiando también la utilización de otros métodos para la evacuación en formaciones geológicas profundas, tales como la inyección de fluidos en estratos porosos aislados o en fracturas producidas en formaciones impermeables. Los depósitos de desechos radiactivos tendrán que ser autorizados por la Comisión de Reglamentación Nuclear de los Estados Unidos, que está elaborando el marco normativo y los criterios necesarios.

La URSS viene estudiando los aspectos técnicos, geológicos, hidrológicos, físico-químicos y térmicos de la evacuación de desechos líquidos de actividad baja, intermedia y alta por inyección en estratos porosos profundos aislados. Se ha adquirido amplia experiencia sobre el terreno y se han realizado ensayos de inyección de desechos líquidos de alta actividad. También se están efectuando trabajos de investigación y desarrollo sobre la evacuación de desechos solidificados de alta actividad. Tales trabajos comprenden investigaciones y experimentos sobre el terreno para la evacuación a largo plazo en instalaciones de almacenamiento en seco construidas a poca profundidad, así como estudios sobre la utilización de rocas continentales profundas, en particular de formaciones salinas.

## INTERCAMBIO DE INFORMACION Y COLABORACION INTERNACIONALES EN MATERIA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

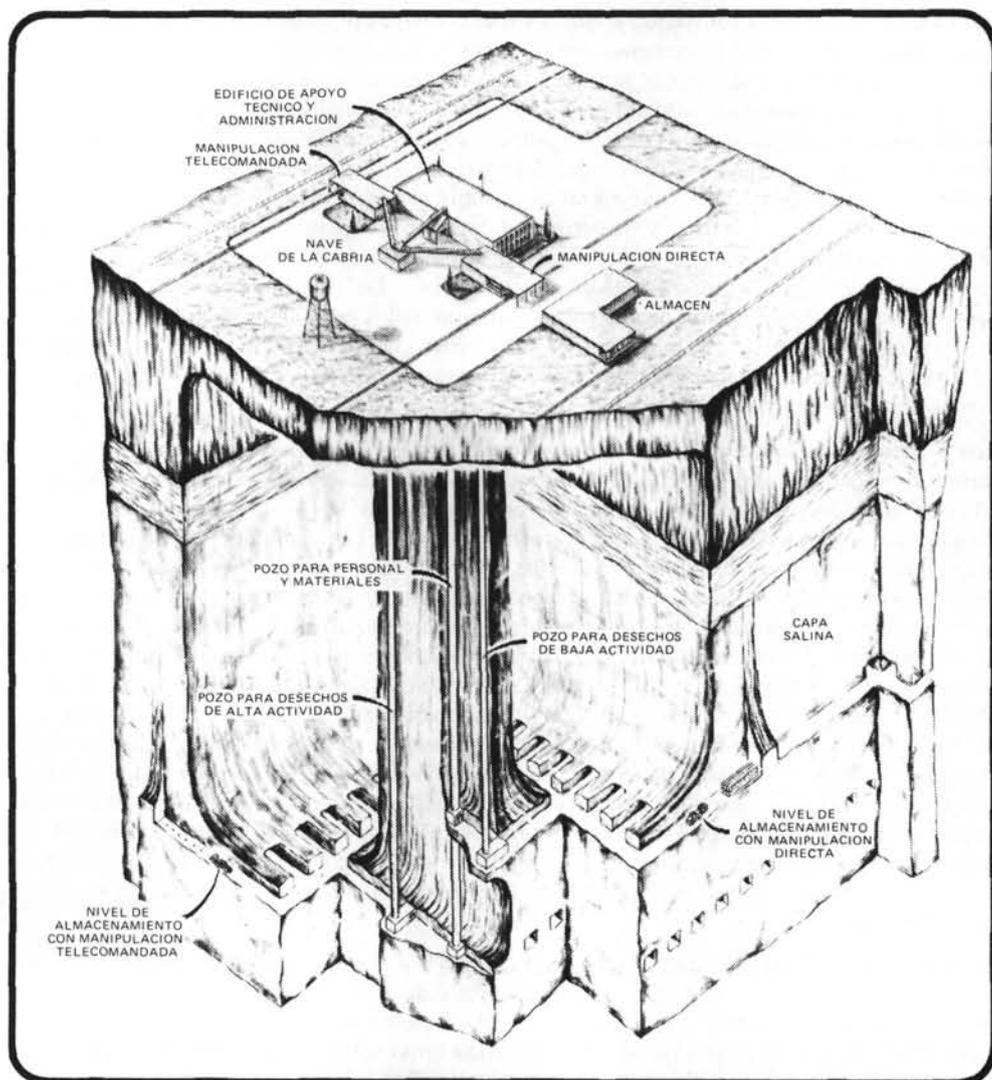
Las conferencias y simposios internacionales han estimulado el intercambio de información sobre prácticas, experiencia y proyecto referentes a evacuación subterránea de desechos radiactivos y a los aspectos científicos y técnicos conexos. Estas reuniones las han celebrado el OIEA, la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), el Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM) y otras asociaciones internacionales y autoridades nacionales<sup>1</sup>.

Para responder al gran interés despertado en esta esfera, el OIEA va a reunir juntamente con la AEN/OCDE, un Simposio internacional sobre la evacuación subterránea de desechos radiactivos, que se celebrará en Otaniemi, cerca de Helsinki (Finlandia), en julio de 1979.

---

<sup>1</sup> Las más importantes son las siguientes:

- Simposio OIEA/AEN sobre evacuación de desechos radiactivos en el suelo, Viena, 1967;
- Simposio OIEA/AEN sobre progresos en el tratamiento y evacuación de desechos de actividad baja e intermedia, Aix-en-Provence (Francia), 1970;
- Simposio AEN/OIEA sobre la gestión de desechos radiactivos procedentes de la reelaboración de combustibles nucleares, París, 1972;
- Simposio OIEA/AEN sobre la gestión de desechos radiactivos procedentes del ciclo del combustible nuclear, Viena, marzo de 1976;
- Conferencia del OIEA sobre energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible, mayo de 1977, Salzburgo (Austria).
- Seminario de la AEN sobre la evacuación de desechos radiactivos en formaciones geológicas, diciembre de 1975, Clausthal-Zellerfeld (República Federal de Alemania);
- Simposio internacional de los Estados Unidos de América sobre la gestión de desechos radiactivos procedentes del ciclo del combustible de los reactores de agua ligera, julio de 1976, Denver (Estados Unidos de América);
- Primer Simposio internacional sobre el almacenamiento en cavernas excavadas en rocas (Rockstore 77), septiembre de 1977, Estocolmo (Suecia);
- Conferencias del CAEM sobre el tratamiento y evacuación de desechos radiactivos y la descontaminación de superficies, celebradas en 1967, Dresden (República Democrática Alemana); 1972, Kolobczeg (Polonia); 1976, Moscú (URSS).



La evacuación subterránea profunda de desechos nucleares de alta actividad aísla eficazmente los desechos durante centenares de millares de años. Se han ideado varios sistemas para la evacuación definitiva de desechos de alta actividad. La figura muestra el esquema simplificado de un lugar de evacuación en una formación salina o rocosa geológicamente estable.

Por otra parte, varias organizaciones multinacionales han establecido programas para coordinar las actividades nacionales de investigación y desarrollo, inclusive el intercambio de información.

La **Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE** ha señalado como esfera de gran prioridad para la cooperación entre sus Estados Miembros la evacuación de desechos de alta actividad y que contengan emisores alfa en formaciones geológicas profundas, y creó, en 1975, un Grupo Coordinador permanente para la evacuación en dichas formaciones, dependiente de su Comité de Gestión de Desechos Radiactivos. El Grupo Coordinador se reúne una vez al

año para intercambiar información sobre la situación de los programas nacionales de investigación y desarrollo y promover modalidades de cooperación más estrecha entre los países interesados. Un aspecto de esta labor es la organización de cursillos sobre temas concretos, tales como el Cursillo conjunto AEN/CCE sobre análisis de riesgos y modelos geológicos para la evacuación de desechos radiactivos en formaciones geológicas. Este cursillo tuvo lugar en mayo de 1977 en el Centro de Investigaciones de la CCE en Ispra (Italia). Se proyecta organizar nuevos cursillos sobre experimentos de calentamiento in-situ y mediciones de corriente lenta y de permeabilidad baja en rocas en gran parte impermeables. Otro ejemplo de las actividades de la AEN en la esfera de la evacuación de desechos en formaciones geológicas es un informe de expertos sobre "Objetivos, conceptos y estrategias para la gestión de los desechos radiactivos resultantes de los programas nucleoelectrónicos", que se publicó en septiembre de 1977. La AEN está tratando de obtener, lo antes posible, información suficiente para confirmar y demostrar la viabilidad de diversos sistemas de evacuación en diferentes formaciones rocosas.

Los trabajos de la **Comisión de las Comunidades Europeas (CEC)** sobre evacuación en formaciones geológicas profundas de desechos de alta actividad y que contengan emisores alfa son realizados, sobre la base de repartición de los gastos, por instituciones de los Estados Miembros, así como en los laboratorios de la CCE, por ejemplo en el Centro de Investigaciones de Ispra, donde se evalúan los peligros a largo plazo. El objetivo principal de la labor de la CCE es promover el establecimiento de depósitos en diferentes tipos de rocas con fines de demostración. En el marco de un programa quinquenal (1975-1979), la CCE aporta una contribución del 40%, aproximadamente, del coste de los proyectos de investigación y desarrollo relativos a la evacuación geológica en el territorio de sus Estados Miembros. Se están realizando trabajos por contrato con la CCE sobre la utilización de formaciones salinas en la República Federal de Alemania y los Países Bajos, de formaciones arcillosas en Bélgica e Italia, y de rocas cristalinas en Francia y el Reino Unido. Entre las Actividades de la CCE figura la compilación de un catálogo de formaciones geológicas que puede ser de interés para sus Estados Miembros. El programa de la CCE abarca también investigaciones geológicas, estudios auxiliares científicos y técnicos, estudios de ingeniería y análisis de riesgos y toma en consideración los aspectos jurídicos, administrativos y financieros conexos.

El **Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM)** creó un Consejo Científico de Coordinación en cuestiones de gestión de desechos y descontaminación en 1971. Forma parte del Comité Permanente del CAEM para la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, cuyos programas abarcan investigaciones sobre la evacuación de desechos en formaciones geológicas. Se han elaborado algunos documentos que detallan las investigaciones necesarias para justificar la idoneidad de un emplazamiento para la inyección en pozos profundos de desechos líquidos, la utilización de formaciones salinas y el enterramiento de desechos a poca profundidad.

## ACTIVIDADES DEL OIEA

El OIEA inició sus trabajos sobre la evacuación subterránea de desechos radiactivos en 1962, organizando una reunión de expertos. Fruto de ella fue la publicación, en 1965, del volumen N<sup>o</sup> 15 de la Colección Seguridad "Evacuación de desechos radiactivos en el suelo". Desde entonces, se han dedicado varios simposios y reuniones del OIEA a la evacuación subterránea.

El objetivo del programa del Organismo en materia de evacuación subterránea es examinar y difundir información sobre este tema; establecer normas y recomendaciones de seguridad



La antigua mina de hierro de Stripa, en Suecia, ha sido elegida como lugar de ejecución de un proyecto conjunto sueco-americano para ensayar la idoneidad del granito para el almacenamiento de desechos nucleares. Las galerías de la mina forman un laberinto y la fotografía muestra una de las galerías que se están investigando. Foto: AB Atomenergi, Suecia.

que, llegado el caso, puedan adoptar la forma de códigos y guías; promover el intercambio de resultados de los programas nacionales y multinacionales de investigación; patrocinar trabajos de investigación en esferas pertinentes, y facilitar asistencia técnica cuando se solicite.

A principios de 1978, se reunió un Grupo asesor sobre la evacuación de desechos radiactivos en formaciones geológicas, el cual recomendó que el OIEA iniciase un programa a largo plazo encaminado en especial a formular directrices y criterios internacionalmente aceptables, en esta esfera.

El programa debe abarcar todas las técnicas y opciones que actualmente están investigando los Estados Miembros y algunas organizaciones internacionales, tales como:

- depositación de desechos sólidos o solidificados de actividad alta, intermedia y baja que contengan emisores alfa en formaciones geológicas profundas (por ejemplo rocas cristalinas, rocas salinas, arcillas y esquistos)
- depositación de desechos sólidos o solidificados de actividad baja e intermedia y que contengan emisores alfa en cavernas rocasas (ya existentes) a diversas profundidades
- depositación de desechos sólidos o solidificados de actividad baja e intermedia a poca profundidad (enterramiento poco profundo)
- inyección en pozos profundos de desechos líquidos/gaseosos en estratos porosos aislados
- inyección de desechos fluidos (mezclas de lechada de cemento/desechos) en fracturas provocadas en formaciones impermeables.

## DIRECTRICES Y CRITERIOS

De conformidad con las recomendaciones del Grupo asesor, el OIEA está preparando la formulación de directrices y criterios sobre la evacuación subterránea sin riesgos de desechos radiactivos en los próximos años. La documentación a redactar se referirá a las diversas modalidades de evacuación, desde la evacuación en formaciones geológicas profundas hasta el enterramiento a poca profundidad, y tendrá cinco temas principales:

- 1) Actividades de reglamentación (procedimientos de autorización, principios y métodos de evaluación)
- 2) Emplazamiento (factores de selección de emplazamientos, investigaciones sobre emplazamientos)
- 3) Criterios de aceptación de desechos
- 4) Diseño y construcción
- 5) Explotación y cierre de depósitos.

Los trabajos abarcarán la preparación de informes técnicos, a los que seguirá, cuando la labor se encuentre en una fase suficientemente adelantada, la preparación de guías y códigos.

El OIEA inició sus actividades en esta esfera con su informe "Site Selection Factors for Repositories of Solid, High-Level and Alpha-Bearing Waste in Geological Formations", que se publicó en la Colección de Informes Técnicos del OIEA, N° 177, en 1977. Entre los documentos que actualmente se están elaborando figuran los siguientes: "Correlation of Waste Type and Ground Disposal Technique", "A Guide to Shallow Land Burial", y "Approval Procedures for Disposal of Solid Waste in Deep Continental Rocks". La publicación de estos informes está programada para 1979. Se prevé que después se publicarán documentos que describan las investigaciones necesarias para seleccionar y confirmar la idoneidad de un emplazamiento para diversas modalidades de evacuación, así como los principios de reglamentación y métodos de evaluación para la evacuación subterránea.

## DEPOSITOS REGIONALES Y PROYECTOS DE DEMOSTRACION

La idea de los depósitos regionales de desechos ha suscitado interés como medio para satisfacer las necesidades de evacuación de desechos radiactivos de grupos de países, en especial de aquellos cuyas condiciones geológicas e hidrológicas no sean favorables. Además, se ha mostrado gran interés por que se cree una instalación internacional para la demostración de la evacuación de desechos de alta actividad y que contengan emisores alfa en formaciones geológicas profundas. Sigue planteada la cuestión de la cooperación internacional en esta esfera.

La evacuación de desechos puede considerarse también como parte de la planificación regional o internacional del ciclo del combustible nuclear. Esto presentaría especial interés para los países que realizan programas relativamente modestos de reactores. El OIEA en su Proyecto de estudio sobre centros regionales para el ciclo del combustible nuclear, publicado en 1977, examinó la ubicación conjunta de depósitos de desechos y plantas regionales de reelaboración. Este estudio puede considerarse como una base para que los países interesados examinen las posibilidades de acción internacional conjunta en esta esfera. Además, es posible que en el marco de la Evaluación internacional del ciclo del combustible nuclear (INFCE), proyecto multinacional iniciado por los Estados Unidos de América para estudiar los aspectos relativos a la no proliferación de las diferentes estrategias del ciclo del combustible nuclear, se consideren todos los aspectos de la evacuación de desechos.

# Noticiero del TNP

En 13 de julio de 1978 el Organismo Internacional de Energía Atómica tenía concertados acuerdos de salvaguardias con **74** Estados no poseedores de armas nucleares Partes en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP). En **57** de dichos Estados ya habían entrado en vigor los acuerdos de salvaguardia. Además, la Junta de Gobernadores del OIEA había aprobado acuerdos de salvaguardias con **17** Estados no poseedores de armas nucleares, que aún no habían entrado en vigor. La fecha que figura entre paréntesis después de ciertos Estados indica cuándo debería haber entrado en vigor el correspondiente acuerdo de salvaguardias en relación con el TNP.

## NOTAS:

En negrita: Estados que tienen en vigor acuerdos de salvaguardias en relación con el TNP

En cursiva: Estados que no tienen en vigor acuerdos de salvaguardias en relación con el TNP

\*: Acuerdo de salvaguardias aprobado (trámites finalizados) pero que aún no ha entrado en vigor.

## ESTADOS NO POSEEDORES DE ARMAS NUCLEARES PARTES EN EL TNP

- |  |   |
|--|---|
| 1. <b>Afganistán</b>                                 | 23. <b>Filipinas</b>  |
| 2. <i>Alto Volta (5 de marzo de 1972)</i>            | 24. <b>Finlandia</b>  |
| 3. <b>Australia</b>                                  | 25. <i>Gabón * (7 de agosto de 1975)</i>                    |
| 4. <b>Austria</b>                                    | 26. <i>Gambia * (12 de noviembre de 1976)</i>               |
| 5. <i>Bahamas (10 de enero de 1975)</i>              | 27. <b>Ghana</b>  |
| 6. <b>Bélgica</b>                                    | 28. <i>Granada (19 de febrero de 1976)</i>                  |
| 7. <i>Benin (30 de abril de 1974)</i>                | 29. <b>Grecia</b>   |
| 8. <i>Bolivia (5 de marzo de 1972)</i>               | 30. <i>Guatemala (22 de marzo de 1972)</i>                  |
| 9. <i>Botswana (5 de marzo de 1972)</i>              | 31. <i>Haití (2 de junio de 1972)</i>                       |
| 10. <b>Bulgaria</b>                                  | 32. <b>Honduras</b>   |
| 11. <i>Burundi (19 de septiembre de 1972)</i>        | 33. <b>Hungría</b>  |
| 12. <b>Canadá</b>                                    | 34. <i>Imperio Centroatricano (25 de abril de 1972)</i>     |
| 13. <i>Costa de Marfil (6 de septiembre de 1974)</i> | 35. <b>Irán</b>   |
| 14. <i>Costa Rica * (5 de marzo de 1972)</i>         | 36. <b>Iraq</b>   |
| 15. <i>Chad (10 de septiembre de 1972)</i>           | 37. <b>Irlanda</b>  |
| 16. <b>Checoslovaquia</b>                            | 38. <b>Islandia</b>   |
| 17. <b>Chipre</b>                                    | 39. <b>Italia</b>   |
| 18. <b>Dinamarca</b>                                 | 40. <i>Jamahiriya Arabe Libia (26 de noviembre de 1976)</i> |
| 19. <b>Ecuador</b>                                   | 41. <i>Jamaica * (5 de marzo de 1972)</i>                   |
| 20. <b>El Salvador</b>                               | 42. <b>Japón</b>  |
| 21. <b>Etiopía</b>                                   |   |
| 22. <b>Fiji</b>                                      |   |

43. **Jordania**
44. **Kampuchea Democrática**  
(2 de diciembre de 1973)
45. **Kenya** (5 de marzo de 1972)
46. **Lesotho**
47. **Líbano**
48. **Liberia** (5 de marzo de 1972)
49. **Liechtenstein** \* (20 de octubre de 1979)
50. **Luxemburgo**
51. **Madagascar**
52. **Malasia**
53. **Maldivas**
54. **Malí** (5 de marzo de 1972)
55. **Malta** (5 de marzo de 1972)
56. **Marruecos**
57. **Mauricio**
58. **México**
59. **Mongolia**
60. **Nepal**
61. **Nicaragua**
62. **Nigeria** (5 de marzo de 1972)
63. **Noruega**
64. **Nueva Zelandia**
65. **Países Bajos**
66. **Panamá** \* (13 de julio de 1978)
67. **Paraguay** \* (5 de marzo de 1972)
68. **Perú** \* (5 de marzo de 1972)
69. **Polonia**
70. **Portugal** \* (15 de junio de 1979)
71. **República Árabe Siria**  
(5 de marzo de 1972)
72. **República de Corea**
73. **República Democrática Alemana**
74. **República Democrática Popular Lao**  
(5 de marzo de 1972)
75. **República Dominicana**
76. **República Federal de Alemania**
77. **República Unida del Camerún**  
(5 de marzo de 1972)
78. **Rumania**
79. **Rwanda** (20 de noviembre de 1976)
80. **Samoa** \* (18 de septiembre de 1977)
81. **San Marino** (5 de marzo de 1972)
82. **Santa Sede**
83. **Senegal** \* (17 de junio de 1972)
84. **Sierra Leona** \* (26 de agosto de 1976)
85. **Singapur**
86. **Somalia** (5 de marzo de 1972)
87. **Sudán**
88. **Suecia**
89. **Suiza** \* (9 de junio de 1975)
90. **Surinam**
91. **Swazilandia**
92. **Tailandia**
93. **Togo** (5 de marzo de 1972)
94. **Tonga** \* (7 de enero de 1973)
95. **Túnez** (5 de marzo de 1972)
96. **Uruguay**
97. **Venezuela** (26 de marzo de 1977)
98. **Yugoslavia**
99. **Zaire**
- [100. ("República de China"  
(5 de marzo de 1972)]<sup>1</sup>
- [101. (República Socialista de Viet Nam –  
(10 de marzo de 1973)]<sup>1</sup>

<sup>1</sup> La "República de China" ha ratificado el TNP. La República Socialista de Viet Nam está estudiando su posición con respecto al TNP.