

AUMENTAN LAS DIMENSIONES

GESTION DEL COMBUSTIBLE GASTADO EN REACTORES DE INVESTIGACION

POR IAIN G. RITCHIE

En el mundo existen más de 550 reactores nucleares de investigación en explotación o fuera de servicio. En muchos de estos reactores, el combustible gastado procedente de sus operaciones se almacena, en espera de que se decida su evacuación definitiva. En los últimos años, los problemas vinculados al almacenamiento del combustible gastado han cobrado más importancia en los círculos nucleares internacionales. Las inquietudes giran básicamente en torno al envejecimiento de las instalaciones de almacenamiento de combustible, la forma de extender su vida útil, y la evacuación definitiva de los conjuntos combustibles gastados. Tanto en los reactores de investigación como en los de ensayo, se está almacenando el combustible gastado por más tiempo que el planificado inicialmente y en más cantidad.

En un esfuerzo por definir el alcance general de los problemas y crear una base de datos sobre el tema, el OIEA ha realizado una encuesta entre los explotadores de reactores de investigación de sus Estados Miembros. Hasta el momento, la información para la base de datos sobre el combustible gastado de reactores de investigación (RRSFDB) procede de un grupo limitado, pero representativo, de este tipo de reactores. La información complementa los datos que ya tiene la base de datos sobre reactores de investigación (RRBD) del Organismo, creada con anterioridad.

Se ha hecho uso de los recursos de esta base de datos para ofrecer en este artículo un panorama general de la gestión y el almacenamiento del combustible gastado en los reactores de investigación de todo el mundo, en el marco de los programas nacionales e internacionales conexos.

MARCO MUNDIAL

Dos programas principales descuelgan entre las actividades de gestión, almacenamiento provisional y evacuación definitiva del combustible nuclear gastado procedente de reactores de investigación y de ensayo:

El Programa de Enriquecimiento Reducido para Reactores de Investigación y de Ensayo (RERTR). Iniciado en los Estados Unidos para apoyar su política de no proliferación nuclear, este programa está dirigido a modificar los reactores de investigación, de manera que quemem uranio poco enriquecido (UPE) en vez de uranio muy enriquecido (UME). En estos momentos, tiene alcance casi mundial, ya que tiene el pleno apoyo de la Federación de Rusia y es tema de conversaciones que se sostienen con China. El programa RERTR ya ha logrado limitar y, si se hace mundial, llegará a eliminar totalmente, el comercio de UME con destino a los reactores de investigación, para beneficio, en definitiva, de todos los países. No obstante, en muchos casos, la conversión a UPE ha venido a agravar los problemas de la gestión del combustible gastado, ya que el UME gastado se ha dejado en las instalaciones y, en algunos casos, éstas han tenido que hacer frente al aumento de la producción de combustible de UPE, tras la conversión.

El Programa de "Devolución".

Cuando decenios atrás se pusieron en servicio por primera vez los reactores de investigación, en la mayoría de los casos se partió del supuesto de que el combustible gastado sería, a la larga, devuelto al país donde fue inicialmente enriquecido, o sea, el país de origen. En muchas instalaciones, la devolución del combustible gastado al país de origen no se ha materializado por diversas razones. Como resultado de ello, algu-

nos países tienen hoy almacenado combustible que está envejeciendo y corroyéndose en instalaciones que no fueron diseñadas para este almacenamiento tan prolongado. Los dos países de origen principales son los Estados Unidos y la Federación de Rusia. En mayo de 1996, los Estados Unidos confirmaron su intención de recibir el combustible de origen estadounidense procedente de reactores en el extranjero, volviendo a aplicar una política anterior. Se espera que otros países proveedores y participantes en el RERTR harán lo mismo y pondrán en práctica sus propios programas para recibir el combustible gastado procedente de reactores de investigación en el extranjero, suministrado originalmente por ellos.

Si bien el OIEA ha apoyado plenamente el RERTR desde sus inicios, no fue hasta 1993 que la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos amplió su programa para dedicarse concretamente a los combustibles gastados procedentes de reactores de investigación y de ensayo. Estas actividades comprenden hoy la recopilación, análisis y difusión de información sobre almacenamiento y gestión de los combustibles gastados y experiencias afines, la formulación de normas y la prestación de asistencia técnica a los Estados Miembros en desarrollo.

A principios de 1993, pronto se pusieron de manifiesto una serie de preocupaciones. Muchos reactores de investigación estaban en crisis o a punto de estarlo. En todos los

El Sr. Ritchie es funcionario de la Sección del Ciclo del Combustible y de Materiales Nucleares, de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos del OIEA.

casos, la razón era problemas con el almacenamiento y la gestión del combustible gastado y las limitaciones impuestas por las legislaciones nacionales. Era evidente que en numerosos reactores de investigación la capacidad de almacenamiento de combustible gastado había llegado al límite o estaba muy cerca de él, y se tenía preocupación, desde el punto de vista de la ciencia de los materiales, por el envejecimiento de éstos en instalaciones de almacenamiento también en envejecimiento.

Las actividades del Organismo en esta esfera se concibieron para encarar estas preocupaciones, y el primer paso era tener un panorama general de la gestión y el almacenamiento del combustible gastado en el mundo.

En diciembre de 1997, la Base de datos sobre reactores de investigación (RRDB) del Organismo contenía información sobre 589 reactores distribuidos por regiones mundiales. De éstos, 269 estaban en explotación y 303 fuera de servicio. Por otra parte, doce estaban en construcción, había seis planificados y uno cuya situación no estaba verificada totalmente.

De acuerdo con la distribución por edades de los reactores de investigación en explotación de la RRDB, la edad máxima oscila entre 30 y 40 años. De hecho, la edad del 19% de los reactores está entre los 20 y los 29 años y la del 51% oscila entre los 30 y los 39 años. Una gran parte de los reactores de investigación en servicio -46%- funciona con una potencia térmica de 100 kW, o menos. Prácticamente, todos estos 122 reactores tienen combustible suficiente para todo su período de explotación y no tendrán problemas con el combustible gastado hasta que entren en parada permanente.

ALCANCE DE LOS PROBLEMAS

Sobre la base de las respuestas a los cuestionarios enviados a sus Estados Miembros, el Organismo está creando una base de datos sobre el combustible gastado de los reactores de investigación (RRSFDB).

Aunque hasta la fecha abarca sólo unos 210 reactores de investigación, el análisis de la información disponible permite definir más claramente los tipos de problemas que están afrontando los países. En los meses y años venideros, será importante seguir enriqueciendo la base de datos para tener un panorama más claro y preciso que permita solucionar adecuadamente los problemas. Hasta el momento, el análisis de los datos indica lo siguiente:

En los reactores de investigación y de ensayo se utiliza una amplia variedad de combustibles y de geometrías de conjuntos combustibles, lo que con frecuencia exige condiciones de almacenamiento especiales, diferentes tipos de cofres de transporte y distintas técnicas para hacer frente a los problemas del combustible deficiente.

La mayoría de los combustibles de los reactores de investigación se transportan en conjuntos. Por eso, en la RRSFDB, las cantidades de combustible gastado se registran en conjuntos, y un conjunto combustible se define como "la unidad de combustible más pequeña que puede trasladarse durante el normal funcionamiento de los reactores o el almacenamiento". En cualquier instalación, generalmente se almacenan distintos tipos de combustible gastado, o combustibles gastados, con distintos niveles de enriquecimiento. Por ejemplo, en la instalación de almacenamiento puede haber uno o más tipos de UME obtenidos antes de la conversión del núcleo y uno o más tipos de UPE obtenidos después de la conversión.

En general, hay 62 870 conjuntos combustibles gastados almacenados en las instalaciones que han respondido a los cuestionarios de la RRSFDB hasta el momento, y otros 32 932 conjuntos en los núcleos típicos. De estos 62 870 conjuntos, 46 394 están en países industrializados y 16 476 en países en desarrollo, mientras que 22 686 contienen UME y 40 184 UPE.

La distribución por los tipos de combustible en los reactores de la RRSFDB indica que un porcentaje

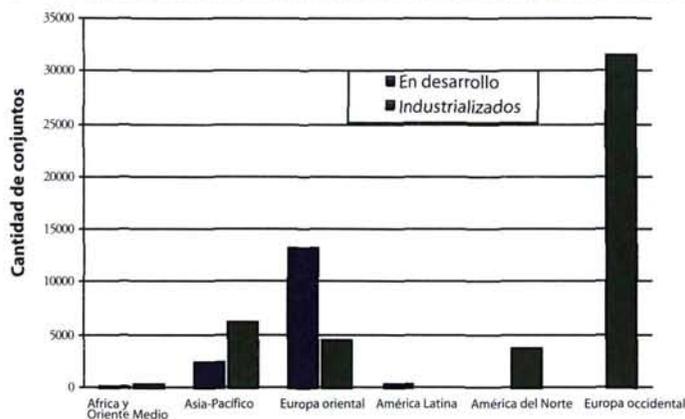
significativo (28%) se clasifica en "otros" tipos. Ello quiere decir que existen muchos combustibles experimentales y exóticos en los reactores de investigación del mundo, lo que plantea problemas para el almacenamiento prolongado, el transporte y la evacuación definitiva.

La distribución por regiones muestra que la mayoría de los conjuntos combustibles gastados están almacenados en países industrializados. (Véase el gráfico de la página 30.) Al examinar en la RRSFDB los orígenes del enriquecimiento del combustible gastado, los datos indican, como se esperaba, que de Estados Unidos procede todo el combustible enriquecido de América del Norte y la mayor parte del de la región de Asia y el Pacífico, mientras que Rusia (o la ex Unión Soviética) suministró la mayoría del combustible enriquecido utilizado en Europa oriental.

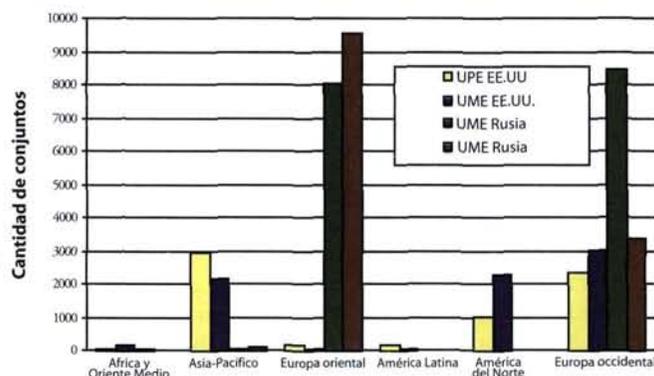
El total de combustible estadounidense y de origen ruso es de 7756 conjuntos de UME y 6775 conjuntos de UPE de origen estadounidense y de 13 035 conjuntos de UME y 16 620 conjuntos de UPE de origen ruso. Resulta interesante que en América del Norte la cantidad de UME es mayor que la de UPE, mientras que en Europa occidental ocurre lo contrario. (Véase el gráfico de la página 30.) Ello se debe, hasta cierto punto, a que en Europa occidental hay más reactores de investigación que han sido sometidos a la conversión del núcleo que en América del Norte. Debe señalarse que una parte importante del UME de origen ruso fue enriquecido inicialmente sólo hasta el 36%, mientras que la mayoría del UME de origen estadounidense fue inicialmente enriquecido hasta el 90% o más.

También se compararon las cantidades de conjuntos combustibles gastados de UME y UPE de origen estadounidense y ruso almacenados en reactores de investigación de otros países que pudieran incluirse en los programas de devolución. En la actualidad, 15 531 conjuntos combustibles gastados de origen estadounidense están ubicados

DISTRIBUCION DEL COMBUSTIBLE GASTADO DE REACTORES DE INVESTIGACION ENTRE PAISES EN DESARROLLO E INDUSTRIALIZADOS



DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS COMBUSTIBLES DE URANIO DE ORIGEN ESTADOUNIDENSE Y RUSO POR GRADO DE ENRIQUECIMIENTO



en reactores de investigación de otros países, mientras que la cantidad equivalente de origen ruso es de 29 673 conjuntos.

Como ya se señaló, la RRSFDB abarca sólo un número limitado de los reactores de investigación que se conocen en el mundo; no obstante, con estos datos es posible tener una idea del alcance del problema que constituyen los combustibles de los reactores de investigación. A partir de estos datos y del conocimiento aproximado que se tiene de la cantidad de conjuntos que se utilizan cada año, las proyecciones indican una tendencia al alza en los ocho años siguientes.

Métodos de almacenamiento.

Con mucho, el medio más común de almacenamiento del combustible gastado son las piscinas de almacenamiento temporal en el

reactor. Como en la RRSFDB la edad media de estas instalaciones es de 25 años, el almacenamiento en medio húmedo, con un buen control de la química del agua, ha tenido resultados notables. De hecho, muchas de las vainas de aluminio de los combustibles de los reactores de ensayo de materiales y el revestimiento interior de aluminio de las piscinas muestran pocos, si los hay, signos de corrosión, general o localizada, después de más de 30 años de exposición al agua de los reactores de investigación. Por el contrario, cuando se ha dejado que la calidad del agua degrade la vaina de aluminio, el combustible está expuesto a una fuerte corrosión.

Los datos muestran además que numerosas instalaciones poseen también una piscina auxiliar o pozo seco fuera del reactor. En las

instalaciones fuera del reactor, la tendencia es transferir el combustible del almacenamiento en medio húmedo al almacenamiento en seco, lo que suprime parte de los gastos que ocasionan las instalaciones de tratamiento de agua y su mantenimiento.

Sin duda, el almacenamiento en seco requiere menos vigilancia y mantenimiento que el almacenamiento en medio húmedo, y en la mayoría de las instalaciones que utilizan el primero de estos métodos, los explotadores supervisan la actividad constantemente. No obstante, varios explotadores reconocen la importancia de evaluar el contenido de humedad de las instalaciones de almacenamiento en seco.

La encuesta del OIEA abarcó además preocupaciones expresadas por los explotadores de los reactores acerca de sus programas de gestión del combustible gastado. No sorprende que la mayoría se preocupe por el tema de la evacuación definitiva del combustible, ni que también haya preocupación por la capacidad limitada de almacenamiento, y la degradación de los materiales. Asombrosamente, el tema del financiamiento inquieta menos ahora que en respuestas anteriores al cuestionario del OIEA. Probablemente ello se debe, al menos en parte, al programa de "devolución" de Estados Unidos, que financia la evacuación del combustible gastado de los reactores de investigación de los países de menos ingresos que tienen combustible de origen estadounidense.

EN BUSCA DE SOLUCIONES

El análisis de la gestión del combustible gastado en reactores de investigación realizado por el OIEA pone de relieve la necesidad de incrementar la cooperación internacional para resolver los problemas y temas pendientes, entre ellos, que se conozca mejor el alcance y la urgencia de las preocupaciones.

Es también evidente que los programas de devolución de com-

RESPUESTA A LAS NECESIDADES

El OIEA está apoyando, por diversas vías, las actividades nacionales y mundiales relacionadas con la gestión del combustible gastado en reactores de investigación y de ensayo. Además de compilar y tener bases de datos sobre reactores de investigación y sus programas afines de gestión del combustible gastado, el Organismo apoya activamente el Programa de Enriquecimiento Reducido para Reactores de Investigación y de Ensayo (RERTR) de los Estados Unidos, que favorece los objetivos de la no proliferación nuclear.

Ha participado además, en calidad de observador, en la mayoría de las reuniones del grupo "ad hoc" de explotadores de reactores de investigación, conocido como el Grupo Edlow, que trabajó fructíferamente en pro de la devolución del combustible gastado de origen estadounidense procedente de reactores de investigación de otros países. A tal fin, en julio de 1993, el Director General del OIEA escribió una carta al Secretario del Departamento de Energía de los Estados Unidos y, en febrero de 1995, al ministro de Energía Atómica de la Federación de Rusia, en la que sugirió que estos importantes participantes en el RERTR pudieran promover el objetivo de la no proliferación del programa, aceptando la devolución del combustible procedente de reactores de investigación de otros países. En apoyo al programa de devolución de los Estados Unidos, en especial en el caso de los Estados Miembros en desarrollo, el OIEA ha organizado actividades para ayudar a sus Estados Miembros a preparar su combustible gastado para devolverlo a su país de origen. Entre las principales actividades están un curso de capacitación, celebrado en el Laboratorio Nacional de Argonne, Estados Unidos, del 13 al 24 de enero de 1997, y la preparación de un proyecto de guía técnica con el título *Guidelines Document on Technical and Administrative Preparations Required for Shipment of Research Reactor Spent Fuel to its Country of Origin*.

Entre otras actividades realizadas recientemente está la preparación, en la que participaron expertos nacionales e internacionales, de una Guía de seguridad con el título *Design, Operation and Safety Analysis Report for Spent Fuel Storage Facilities at*

Research Reactors, que ha sido propuesta para publicación. Durante 1997, el OIEA convocó además una reunión de comité técnico para recopilar y evaluar información sobre los procedimientos y las técnicas de gestión de los combustibles deficientes procedentes de los reactores de investigación, y una reunión del grupo asesor sobre gestión y almacenamiento de combustibles gastados experimentales y exóticos procedentes de reactores de investigación y de ensayo. Asimismo, el Organismo presta asesoramiento por conducto del IFMAP (Programa de Asesoramiento sobre la gestión del combustible irradiado) a los explotadores de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, y asistencia más tangible a los Estados Miembros en desarrollo mediante sus programas de asistencia y cooperación técnica.

Consciente de que la degradación de los materiales, del equipo y de las instalaciones a causa del envejecimiento es un tema que está preocupando más a muchos explotadores, el OIEA ha organizado diversas actividades en la esfera de la ciencia de los materiales, entre ellas se destaca la preparación de un documento sobre la durabilidad de los combustibles nucleares y de los componentes en almacenamiento en medio húmedo, que está en proceso de publicación por el Organismo. Este documento contiene información sobre los combustibles de vainas de aluminio utilizados en los reactores de investigación desarrollados en el marco de un programa coordinado de investigación (PCI) sobre el aumento de la degradación de los materiales por la irradiación en instalaciones de almacenamiento de combustible gastado. Otro PCI está dedicado concretamente al envainado del combustible de reactores de investigación y se centra en la vigilancia y el control de la corrosión durante el almacenamiento en medio húmedo. Estos programas se complementan con una serie de talleres regionales, organizados para abordar todos los aspectos relacionados con la manipulación, gestión y almacenamiento del combustible gastado y su preparación con vistas al transporte.

bustibles procedentes de reactores de investigación de otros países, si llegaran a ponerse en práctica, y cuando se ejecuten, no serán eternos. En algún momento en un futuro no muy lejano (en el 2006 en el caso de los reactores de investigación de otros países con combustible de origen estadounidense), los explotadores de los reactores de investigación se verán en la necesidad de encontrar sus

propias soluciones para la evacuación permanente de su combustible gastado. Obviamente, en el caso de los países que no tienen un programa nucleoelectrónico, no resulta viable construir repositorios geológicos para las cantidades relativamente pequeñas de combustible gastado procedente de uno o dos reactores de investigación. Para estos países, la solución ideal sería tener acceso a una insta-

lación regional de almacenamiento provisional y, con el tiempo, a un repositorio regional o internacional para el combustible procedente de los reactores de investigación. Ha llegado el momento de debatir con seriedad soluciones a nivel regional o internacional, y de comenzar a hacer planes para el día en que quizás no haya programas de devolución ni opción de reelaboración. □