

AUMENTAN LAS NECESIDADES

GESTION DEL COMBUSTIBLE GASTADO PROCEDENTE DE LAS CENTRALES NUCLEARES

POR PETER H. DYCK Y MARTIN J. CRIJNS

El pasado año unas 10 000 toneladas de metal pesado fueron descargadas como combustible gastado procedente de centrales nucleares de todo el mundo, después de utilizarlo en la generación de electricidad. Este combustible gastado se almacenó en instalaciones especialmente diseñadas, y se guardó y vigiló a fin de recuperarlo posteriormente, para su reelaboración o su ulterior evacuación en repositorios.

En los próximos años, se proyecta el almacenamiento de cantidades más grandes de combustible gastado durante períodos más largos, por eso la industria nuclear mundial construye nuevas instalaciones de almacenamiento, amplía las ya existentes y aplica tecnologías para asegurar un almacenamiento a largo plazo más eficaz.

En el presente artículo se ofrece un panorama general de los métodos que los países aplican en la gestión del combustible gastado procedente de las centrales nucleares, y se describe brevemente determinadas actividades del OIEA en esta esfera.

MÉTODOS FUNDAMENTALES

La gestión del combustible gastado abarca una serie integrada de operaciones técnicas que comienzan con la descarga de los conjuntos combustibles gastados procedentes de un reactor de potencia y terminan, con su evacuación directa (ciclo del combustible abierto o "irreversible"); o con su reelaboración y la evacuación definitiva de los desechos de actividad alta conexos (ciclo cerrado del combustible). En la evacuación directa el combustible gastado se coloca

en un lugar, como, por ejemplo, un repositorio geológico, en condiciones que no permiten su posterior extracción. En las operaciones de reelaboración, el plutonio y el uranio fisionables se separan de los materiales de desecho para reutilizarlos como combustible reciclado en reactores.

Lo que inicialmente se pretendía con el concepto del ciclo cerrado del combustible era reciclar el plutonio y el uranio por separado en reactores reproductores rápidos. No obstante, las demoras y cancelaciones de los programas de reactores reproductores han hecho que el reciclado de los materiales fisionables separados se realice en los reactores térmicos que ya están en explotación. En la actualidad, el reciclado térmico del plutonio (como mezcla de óxidos o combustible MOX) se realiza principalmente en Alemania, Bélgica, Francia, Japón y Suiza. El reciclado térmico del uranio se lleva a cabo en la Federación de Rusia y el Reino Unido, y se prevé hacerlo en Alemania.

La tercera opción para la gestión del combustible gastado es el aplazamiento de las decisiones, lo que supone el almacenamiento provisional. El método permite a los operadores vigilar de manera constante el combustible gastado almacenado y recuperarlo más tarde para su evacuación directa o reelaboración. La mayoría de los países con programas nucleoelectrónicos aplican esta opción (*Véase el cuadro de la página siguiente.*) La selección de una estrategia en relación con el combustible gastado es una decisión compleja en la que deben tenerse en cuenta muchos factores, como son aspectos nor-

mativos, económicos, de salvaguardias y de protección ambiental. Una característica que compartan la mayoría de los países, sea cual sea su estrategia de gestión del combustible gastado, es la permanente necesidad de capacidad de almacenamiento adicional.

CAMBIO DE PRÁCTICAS

En las etapas iniciales del desarrollo de la energía nucleoelectrónica, los países que aplicaban el ciclo cerrado del combustible solían almacenar el combustible gastado en el reactor, en piscinas de almacenamiento, en las que los conjuntos se sumergen en agua en bastidores o dentro de recipientes, y, después de su transporte, en piscinas de almacenamiento en una planta de reelaboración.

Sin embargo, la falta de suficiente capacidad de almacenamiento en las plantas de reelaboración cambia la situación. Tampoco todos los países han seleccionado el ciclo del combustible cerrado, sino que han optado por almacenar el combustible gastado hasta que se adopten decisiones respecto de su evacuación definitiva. Como resultado, las compañías nucleoelectrónicas han comenzado a ampliar la capacidad de sus piscinas de almacenamiento. Por otra parte, se construyeron instalaciones de almacenamiento del tipo de piscina en el emplazamiento del reactor o en otros lugares. Desde entonces, no

El Sr. Dyck es funcionario de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos del OIEA y el Sr. Crijs es consultor de esa División.

se han construido emplazamientos para la evacuación definitiva del combustible gastado, y ha aumentado la demanda de almacenamiento a largo plazo. Ante esta situación, se han creado otras tecnologías de almacenamiento que entrañan la colocación del combustible gastado en medios gaseosos en seco utilizando cofres, silos o cámaras que, por lo general, están ubicados en emplazamientos fuera del reactor (FDR).

En la actualidad, diversos tipos de instalaciones de almacenamiento en medio húmedo y medio seco están funcionando o en construcción en distintos países. El combustible gastado puede almacenarse en condiciones de seguridad durante largos períodos, y algunos han estado almacenados por más de 30 años.

En general, se están utilizando, o planificando, diversas tecnologías y sistemas. En la mayoría de los países, en las piscinas de almacenamiento en los reactores se han instalado, o se instalarán, nuevos bastidores que absorben neutrones de alta densidad con miras a usar de manera más eficaz la capacidad de almacenamiento disponible. En algunos casos, se utilizarán bastidores de muy alta densidad (por ejemplo, en Eslovenia y Sudáfrica) para almacenar el combustible gastado correspondiente a la vida útil prevista del reactor. En el caso de las piscinas de almacenamiento FDR, se emplea contenedores y silos de acero mejorado para almacenar el combustible de manera más compacta y aumentar la capacidad de almacenamiento.

En 1997, la cantidad anual de combustible gastado producido por todos los tipos de reactores de las centrales nucleares fue de 10 500 toneladas de metal pesado (tMP). La cantidad total de combustible gastado acumulada en todo el mundo a finales de 1997 era de unas 200 000 tMP, y las proyecciones indican que la cantidad acumulativa que se habrá generado para el 2010 puede sobrepasar las 340 000 tMP. Al presente, se están almacenando

MÉTODOS DE GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO EN DIFERENTES PAÍSES

País	Decisión aplazada	Evacuación directa	Reelaboración
Alemania		■	●
Argentina	◆		
Bélgica	◆		●
Brasil	◆		
Bulgaria	◆		●
Canadá		■	
Corea, Rep.	◆		
China			●
Eslovaquia		■	●
Eslovenia	◆		
España		■	
Estados Unidos		■	
Finlandia		■	
Francia			●
Hungría	◆		●
India			●
Italia	◆		●
Japón			●
Lituania		■	
México	◆		
Países Bajos			●
Pakistán	◆		
Reino Unido			●
República Checa	◆	■	●
Rumanía		■	
Rusia, Fed. de		■	●
Sudáfrica		■	
Suecia		■	
Suiza	◆		●
Ucrania	◆	■	●

Nota: Algunos países utilizan diferentes métodos para distintos tipos de combustible. Además, algunos países aplican un método mientras estudian diferentes opciones que podrían seleccionarse en el futuro.

unas 130 000 tMP de combustible gastado en instalaciones de almacenamiento en el reactor o FDR, en espera de su reelaboración o evacuación definitiva (Véase el cuadro de la página siguiente.)

La cantidad de combustible gastado acumulado sobrepasa en veinte veces y más la actual capacidad anual total de reelaboración. Suponiendo que se reelaborara parte del combustible gastado que se generará en el futuro, se calcula que la cantidad que estará almacenada en el 2010 será de unas 230 000 tMP. Como no se cuenta con que los primeros repositorios en gran escala para la evacuación definitiva de combustible gastado estén en funcionamiento antes de ese año, todo parece indicar que el almacenamiento provisional será la

principal opción hasta muy avanzado el próximo siglo.

ACONTECIMIENTOS NACIONALES

En los últimos tres años, los países han adoptado importantes medidas orientadas a aumentar sus capacidades para la gestión eficaz del combustible gastado. Estas medidas incluyen:

■ En el Canadá, durante 1995 y 1996, entraron en funcionamiento dos instalaciones de almacenamiento provisional en seco.

■ En la República Checa, a la instalación de almacenamiento en seco de Dukovany, con una capacidad de 600 tMP, se le otorgó, en enero de 1997, una licencia por un período de 10 años. A finales de 1997, se cargaron 232 tMP.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS DE ALGUNOS PAISES EN 1997
(Toneladas de metal pesado)

País	Capacidad en el reactor	Inventario en el reactor	Capacidad fuera del reactor (FDR)		Prevista	Inventario FDR
			En explotación	En construcción		
Alemania	4 561	2 756	7 767	585		594
Brasil	576	130				
Bulgaria	828	387	600			356
Canadá	31 407	22 555	8 567		14 496	1 930
Corea, Rep. de	5 251	3 072	609	812		609
China		177		550		
Eslovaquia	480	150	600			523
España	4 390	2 000				
Estados Unidos	60 700	35 300	2 164	2 000	43 000	2 164
Finlandia	676	204	1 047			684
Francia	11 290	5 795	14 400			9 159
Hungría	480	357	160			54
Japón	9 920	5 800	213	3 000		169
Lituania	2 093	1 380		352		
Reino Unido	3 345	1 035	11 153			7 157
República Checa	480	306	600			232
Rumania	940	100				
Rusia, Fed. de	5 230	3 480	13 800	1 900	13 000	6 046
Sudáfrica	670	392				
Suecia	1 500	730	5 000		3 000	2 703
Ucrania	3 051	1 650	2 000			1 695
Total	147 868	87 756	68 680	9 199	73 496	34 075

■ En Francia, la central MELOX para combustible de mezcla de óxidos alcanzó la producción autorizada de 120 tMP. Se decidió además cargar combustible MOX en 28 reactores, entre ellos, 12 que ya lo utilizaban.

■ En Hungría, en 1997, se puso en funcionamiento una instalación de almacenamiento en seco del tipo de cámaras modulares y se cargaron 54 tMP a finales del año.

■ En la India, la nueva planta de reelaboración ubicada en Kalpakkam concluyó las pruebas de funcionamiento exigidas para la concesión de la licencia.

■ En el Japón, la instalación de almacenamiento en medio húmedo de 3000 tMP, en Rokkasho Mura, espera la aprobación de las autoridades locales para entrar en funcionamiento. Se prevé ejecutar un programa en que se utilizará combustible MOX en reactores de agua ligera a partir de 1999.

■ La República de Corea examina opciones futuras después de abandonar, por motivos geológicos, el emplazamiento central para el almacenamiento provisional que había seleccionado con anterioridad. En

Wolsung, se ha construido una instalación de almacenamiento en seco con una capacidad de 609 tMP y se está construyendo una instalación de almacenamiento en seco de 812 tMP. Además, prosiguen los planes de construcción de una instalación experimental para la reutilización (refabricación) del combustible gastado procedente de reactores de agua ligera en un reactor de agua pesada a presión.

■ En la Federación de Rusia, una instalación de almacenamiento en medio húmedo provisional de 2000 tMP de combustible gastado procedente de reactores RBMK inició sus operaciones en la central nuclear de Smolensk.

■ Suecia continúa diseñando una central para la encapsulación del combustible gastado antes de su evacuación definitiva. Se espera que a principios del próximo siglo concluya el proceso de solicitud de licencia. Asimismo, se ha solicitado licencia para ampliar la instalación de almacenamiento central (CLAB) y añadirle una capacidad de 3000 tMP a fin de comenzar las operaciones en el 2004.

■ En el Reino Unido, después de un período de consultas públicas,

la autoridad reguladora otorgó una licencia de explotación a la Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP). Se denegó la solicitud de planificación presentada por NIREX para la construcción de una instalación de caracterización de rocas en Sellafield. Se examinan opciones futuras.

■ En Ucrania, la autoridad reguladora tiene en estudio una instalación de almacenamiento en seco del tipo de cofres para utilizarla en el emplazamiento de Zaporozhe.

■ En los Estados Unidos, se pusieron en funcionamiento tres nuevas instalaciones de almacenamiento en seco en emplazamientos de centrales nucleares. La Comisión de Reglamentación Nuclear de los Estados Unidos está estudiando varios sistemas de almacenamiento en seco para su aplicación en emplazamientos de reactores y en otros lugares.

LA COOPERACION INTERNACIONAL Y EL OIEA

Juntamente con un grupo asesor integrado por expertos de sus Estados Miembros, el OIEA examina

de manera periódica la situación y las perspectivas de la gestión del combustible gastado en relación con los reactores de potencia, estudia importantes avances y tendencias e identifica esferas técnicas en las que es necesario intensificar las actividades de cooperación.

La labor del Organismo se ha centrado, entre otros aspectos, en el interés de los países por incrementar el uso de las tecnologías a distancia para la manipulación de los elementos combustibles gastados. Esas tecnologías se emplean cuando se descarga el combustible gastado de los reactores, y en actividades relacionadas con la reelaboración y el embalaje definitivo, en el caso de la evacuación directa del combustible gastado.

Igualmente hay un marcado interés por los aspectos relacionados con la tecnología y la seguridad de una instalación regional de almacenamiento de combustible gastado. Varios países con programas nucleares en pequeña escala encaran el problema de almacenar y evacuar su combustible ya utilizado. Desde el punto de vista económico, consideran que tiene poco sentido construir sus propias instalaciones de almacenamiento. Expertos que trabajan por intermedio del OIEA han comenzado a recopilar y evaluar información sobre una instalación regional de almacenamiento de combustible gastado, concepto que, en principio, parece factible.

El OIEA está prestando asistencia a los países de Europa central y oriental que explotan los principales tipos de centrales nucleares construidas allí (reactores WWER y RBMK) con cargo a un programa extrapresupuestario relacionado con la seguridad de las centrales nucleares con reactores tipo WWER y RBMK, iniciado en 1995 y financiado por el Gobierno del Japón. En octubre de 1997, los expertos asistieron a una reunión/taller de un comité técnico sobre la puesta en servicio de instalaciones de almacenamiento en seco, en el que analizaron en deta-

lle las principales medidas relacionadas con la puesta en servicio; las necesidades de recursos; los procedimientos para la concesión de licencias; los objetivos de protección radiológica; los fundamentos de la seguridad; y las normas y prácticas. En 1998, el Organismo proyecta celebrar un taller, entre otras actividades, sobre la seguridad del almacenamiento del combustible gastado a largo plazo, en particular del combustible gastado procedente de los reactores WWER y RBMK.

Como parte de este programa extrapresupuestario, varios países han concluido estudios sobre códigos de computadora y elaboración de modelos en relación con el comportamiento del combustible gastado. Por ejemplo, el Instituto de Investigaciones Atómicas KFKI, en Hungría, ha realizado cálculos termohidráulicos del comportamiento del combustible gastado en condiciones de almacenamiento en seco a largo plazo, usando el código COBRA-SFS. Se documentó la descripción de los modelos y el manual y se prepararon los folletos pertinentes. Uno de los resultados es que ahora este código se ha puesto a disposición de todos los Estados Miembros del OIEA que explotan centrales nucleares del tipo WWER para aumentar la seguridad del almacenamiento del combustible gastado.

Una esfera específica que despierta cada vez más el interés de los países es el concepto de "crédito de quemado" que se relaciona con la concesión de licencias para sistemas de gestión de combustible gastado. El término se refiere a la reducción de la reactividad del combustible nuclear quemado, que ocurre debido al cambio que se produce en su composición durante la irradiación en el interior del núcleo; los datos se obtienen mediante los cálculos físicos del combustible. En el caso de los sistemas de almacenamiento y transporte del combustible gastado, el uso del crédito de quemado permite abrigar la esperanza de que se

alcanzarán niveles de eficiencia más altos. Por ejemplo, posibilitaría compactar más el combustible gastado, con lo que se aumentaría la capacidad de almacenamiento, y puede aplicarse para incrementar la capacidad de los cofres de transporte de combustible gastado a fin de reducir la cantidad de embarques necesarios. Tiene además otras aplicaciones relacionadas con las operaciones de transporte, almacenamiento, evacuación y reelaboración. Si bien el principal estímulo para la aplicación del concepto es el económico, también tiene ventajas desde el punto de vista de la salud pública, la seguridad y la protección ambiental. Expertos convocados por el OIEA examinaron recientemente este tema, y el Organismo publicará un documento técnico en el que se abordará la situación de las prácticas nacionales y la aplicación del concepto de crédito de quemado en los sistemas de gestión del combustible gastado.

Asimismo, el OIEA ha publicado tres documentos relacionados con la seguridad en la gestión del combustible gastado proveniente de las centrales nucleares, que incluyen una guía sobre el almacenamiento seguro del combustible gastado procedente de los reactores de potencia; una guía sobre el funcionamiento de esas instalaciones; y un documento sobre la preparación de informes de análisis de la seguridad del almacenamiento del combustible gastado.

Estas y otras actividades están dirigidas a ayudar a los países a responder de manera eficaz a los nuevos retos técnicos que plantea la gestión del combustible gastado. Hasta el momento, se ha acumulado unos 40 años de experiencia en el almacenamiento a largo plazo del combustible gastado procedente de centrales nucleares. Sin embargo, se esperan períodos de almacenamiento mucho más largos, y deberán adoptarse nuevas medidas con miras a perfeccionar las tecnologías y los métodos de almacenamiento. □