

Empleo de dosímetros para fines médicos como dispositivos de salvaguardia

por Robert Schaar*

En las instalaciones nucleares en las que se tratan o manipulan materiales altamente radiactivos el traslado o el movimiento de éstos tiene lugar, por lo general, de conformidad con procedimientos predeterminados y de aplicación usual. En los acuerdos de salvaguardia que el OIEA concierta ajustándose a un texto estándar se estipula la aplicación de la contabilidad de los materiales como medida de salvaguardia fundamental, con la contención y la vigilancia como medidas complementarias.

Desde hace muchos años, el OIEA ha venido empleando cámaras de vigilancia en las centrales nucleares. Estos dispositivos automáticos y a prueba de manipulación indebida vigilan principalmente aquellos puntos de la central en los que normalmente tiene lugar el movimiento de los elementos combustibles, tales como el departamento de carga de combustible o las escotillas. Otro de los dispositivos que utiliza el OIEA es el precinto. Los precintos se fijan, por ejemplo, a los blindajes de protección mecánica de los reactores de agua ligera, a las entradas de instalaciones de almacenamiento y a diversos instrumentos. Adecuadamente aplicados, la integridad de los precintos garantiza que el equipo o materiales en cuestión no han sido objeto de manipulación indebida.

En las centrales nucleares existen también válvulas, depósitos, tuberías, esclusas, aberturas, etc., que hacen posible la retirada de materiales nucleares en caso de emergencia. Desde el punto de vista de las salvaguardias, es importante saber si esos puntos en los que puede haber un movimiento de materiales en circunstancias extraordinarias no han sido utilizados por el explotador para desplazar materiales sometidos a salvaguardias sin que conste en los registros. La vigilancia continua de estos puntos no es necesaria. Sí se requiere, sin embargo, un detector de paso (detector "sí/no") que, como una especie de detector de pórtico, señale si por esos puntos de movimiento infrecuente han pasado o no materiales radiactivos.

Un ejemplo de instalación nuclear que cuenta con varios puntos de paso desusado de materiales nucleares lo constituye el reactor tipo CANDU, que se reabastece de combustible de manera continua y en el cual la corriente normal de elementos combustibles irradiados se controla a distancia, detrás de espesos blindajes protectores. Los elementos combustibles irradiados se llevan desde el núcleo del reactor hasta el estanque de almacenamiento de combustible agotado empleando una máquina de carga y descarga del combustible, con puertas de descarga, elevadores y vagonetas subacuáticas.

Si uno de los cargadores de elementos combustibles de la máquina de carga y descarga sufre una avería, el explotador puede ordenar que se bloquee la máquina frente a un canal de verificación o un canal de servicio, a través de los cuales se puede comprobar, entretener y, en caso necesario, reparar la máquina. Existen también conductos o canales que se utilizan para introducir elementos combustibles nuevos hasta la máquina de carga y descarga.

* El Sr. Schaar es Oficial Superior y presta sus servicios en la División de Operaciones del Departamento de Salvaguardias.

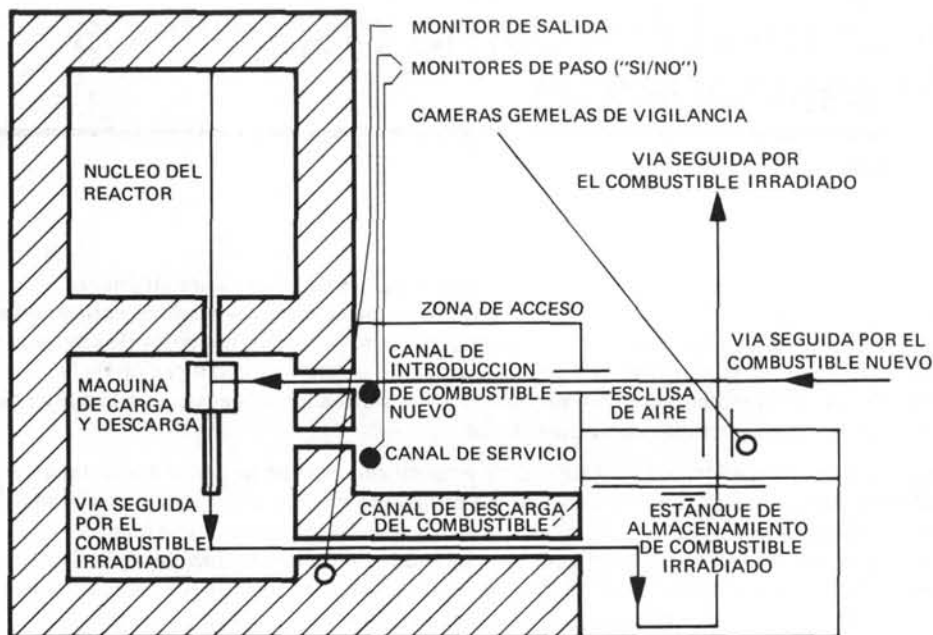


Figura 1: Ejemplo de empleo de dosímetros médicos como monitores de paso en un reactor tipo CANDU.

Si el operador desea retirar un elemento combustible irradiado, no tiene que hacer más que acoplar un contenedor blindado a uno de esos canales de acceso e introducir en él dicho elemento. Seguidamente puede sacarse el contenedor fuera de la central a través de la esclusa de aire (Figura 1).

Para detectar operaciones de este tipo, el OIEA ha montado dispositivos medidores de las radiaciones que en un principio se concibieron para usos médicos. Estos dosímetros médicos se insertan en los precintos fijados cerca de cada conducto o canal de comprobación o de servicio, y sirven como monitores de paso ("sí/no") que señalan si por dichos puntos han pasado o no elementos combustibles. Cuando un elemento combustible irradiado pasa por uno de esos canales, el dosímetro montado a la entrada registra la alta dosis resultante. En caso contrario, el dosímetro indica únicamente la radiación de fondo, la cual es mucho más baja. Los dosímetros se sustituyen por otros nuevos en el curso de cada inspección ordinaria de salvaguardias y se llevan a la Sede del OIEA para medir las correspondientes dosis.

Especificaciones de los dosímetros

Los dosímetros empleados para estos fines tienen que satisfacer las condiciones siguientes:

- Ser sensibles para el intervalo de dosis de interés para la vigilancia de los elementos combustibles irradiados, comprendido entre los 500 röntgen (R) aproximadamente y los 1000 R;

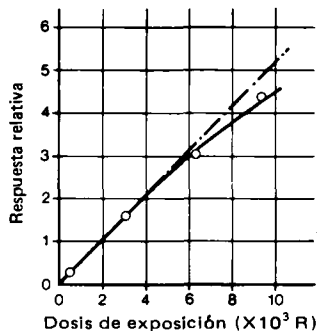


Figura 2: Respuesta de un dosímetro médico de aguja de vidrio a la radiación gamma del cobalto-60.

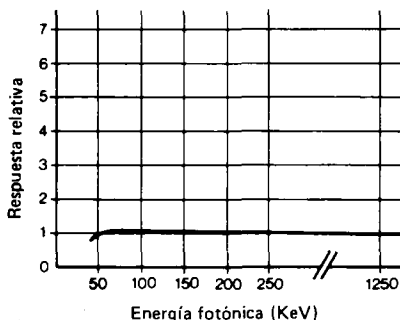


Figura 3: Respuesta de energía de una aguja de vidrio inserta en una cápsula de latón.

- Ser sensibles para el intervalo de dosis que afecta a las películas fotográficas, comprendido entre 1 y 100 R;
- Ser de un tamaño lo suficientemente reducido para que puedan insertarse en los precintos del OIEA.

A la vista de estas condiciones, se decidió emplear dosímetros radiofotoluminiscentes. Expuesto a la radiación gama, el vidrio del dosímetro ofrece centros fluorescentes de larga duración debido a su estado metaestable. Cuando un vidrio irradiado de esa forma se ilumina con luz ultravioleta en un lector de dosímetros, se produce una fluorescencia anaranjada cuya intensidad es proporcional a la dosis absorbida.

Se eligieron agujas de vidrio Toshiba de 1 mm de diámetro y 6 mm de longitud, insertas en cápsulas de latón de unos 2 mm de diámetro y 11 mm de longitud. La composición aproximada de este vidrio es de un 45% de LiPO_3 y un 45% de $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$, con AgPO_3 y B_2O_3 como aditivos. Tal composición ofrece un "desvanecimiento" (cambio de la intensidad relativa de la fluorescencia) de tan solo un 1% al semestre y un intervalo de sensibilidad a la energía de los rayos gamma comprendido entre 50 keV y unos 2 MeV. A este intervalo corresponde precisamente la mayor parte de los rayos gamma emitidos por los productos de fisión contenidos en los elementos combustibles irradiados.

La Figura 2 indica la linealidad de la respuesta y la Figura 3 la respuesta de energía de este dosímetro de vidrio cuando se halla inserto en su cápsula de latón.

Cuadro 1: Dosis de irradiación medidas a lo largo de un período de dos meses aproximadamente mediante monitores de paso (monitores "sí/no") montados en los puntos de paso usual y desusado de materiales combustibles en una central nuclear con reactor tipo CANDU.

Canal de descarga de combustible irradiado (paso usual)	Canal de comprobación (paso desusado)	Canal de servicio (paso desusado)	Canal de introducción de combustible nuevo (paso desusado)
10 000	4,0	13,3	5,2
10 000	11,2	2,2	3,7
7 520	3,3	7,4	6,4
10 000	9,6	1,8	1,7
12 800	7,8	3,2	2,2
8 640	8,9	3,8	2,0
300 ^a			

^a Un solo elemento combustible irradiado (aprox. 3 800 MWd/t).

Pruebas sobre el terreno.

Los inspectores del OIEA han llevado a cabo pruebas sobre el terreno con estos monitores de paso (monitores "sí/no") en el ejercicio de sus inspecciones de instalaciones sometidas a salvaguardias. En el Cuadro 1 figura un conjunto de resultados obtenidos en la vigilancia del movimiento de elementos combustibles irradiados a través de canales de acceso.

De dicho cuadro se desprende que resulta fácil distinguir de la radiación de fondo normal el paso de incluso un solo elemento combustible irradiado.

Estas pruebas sobre el terreno han demostrado que los dosímetros médicos pueden utilizarse como monitores de paso en la aplicación de las salvaguardias.

Recientemente se ha introducido otra aplicación de estos dosímetros. En ocasiones es absolutamente necesario disponer cámaras fotográficas de vigilancia en lugares en los que podría registrarse una actividad de fondo relativamente alta en determinadas circunstancias anómalas. Como no se conocía ni la tasa de dosis resultante de esas radiaciones ni la sensibilidad de la película a esa tasa de dosis, se dispone ahora un dispositivo dosimétrico dentro del precinto que asegura la caja soporte de cada una de esas cámaras. Si la película sufre daños, el dosímetro indicará si son imputables a tal irradiación. Actualmente se estudian otras aplicaciones de los dosímetros en las actividades de salvaguardia.