

# Análisis no destructivo: instrumentos y técnicas para las salvaguardias del Organismo

Los inspectores de salvaguardias del Organismo utilizan cada vez más, para identificar y medir los materiales nucleares, instrumentos y técnicas de análisis no destructivo. Estos instrumentos y técnicas poseen ciertas características que les hacen aptos para las actividades de salvaguardia que el Organismo desarrolla en todo el mundo. Una ventaja importante del análisis no destructivo (AND), con respecto a los métodos destructivos de medición utilizados tradicionalmente, es la de la prontitud: las mediciones pueden efectuarse ya durante la inspección misma.

En general, el AND es menos costoso y engorroso, y a menudo menos peligroso, que el análisis destructivo. Hay otros casos en los que el muestreo destructivo es inaceptable porque destruiría un producto acabado valioso (por ejemplo, agujas de combustible) o sería muy difícil de realizar (por ejemplo, botellas de  $UF_6$ , combustible irradiado, etc.). El AND suele ser fácilmente repetible (esto es muy útil en caso de controversia) y se puede realizar y evaluar *in situ* sin las demoras inherentes a los transportes internacionales de materiales nucleares que a veces requieren los análisis destructivos independientes.

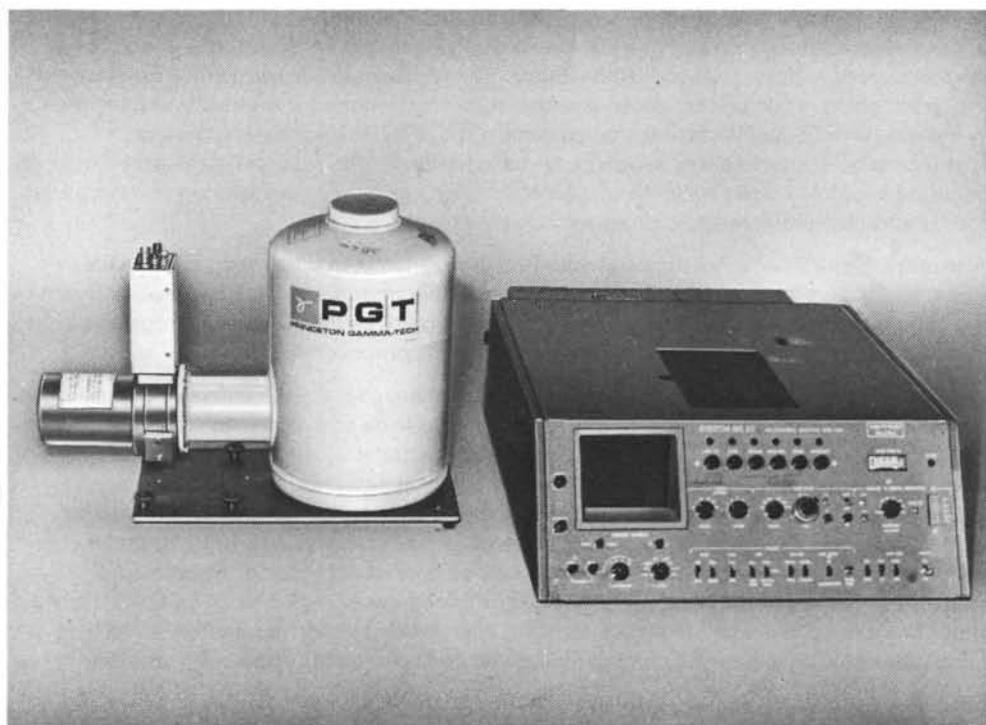
Al construir y seleccionar los instrumentos de medición nuclear con fines de salvaguardia, deben tenerse en cuenta las necesidades peculiares propias de una actividad de inspección de ámbito mundial. En particular, los instrumentos deben ser portátiles, fáciles de verificar y reparar, han de poderse calibrar exactamente por medio de patrones físicos y fuentes de calibración, y deben garantizar la continuidad del flujo de datos. En el programa de desarrollo del Organismo, el interés se centra en la consecución de equipo poco voluminoso, ligero, robusto, portátil y de precio razonable, que los inspectores pueden llevar consigo de un sitio a otro y tener así siempre bajo su control, para el análisis rápido y exacto de materiales nucleares especiales.

Dentro de la División de Desarrollo y de Servicios Técnicos del Organismo, la Sección de Desarrollo de Instrumentos, Métodos y Técnicas (SIMT) se encarga de la realización, adquisición y ensayo de instrumentos y técnicas para: i) análisis destructivo y no destructivo; ii) vigilancia y contención de materiales nucleares sometidos a salvaguardias.

La SIMT realiza trabajos de investigación y desarrollo en estas amplias esferas en una doble vertiente: el programa de contratos de investigación del Organismo y la modesta pero muy apreciable labor de su propio personal. Una medida útil para la dirección del programa son las reuniones de consultores y grupos asesores. Hace poco, el Departamento de Salvaguardias ha iniciado, con la cooperación del Gobierno de los Estados Unidos, un programa de apoyo técnico a las salvaguardias internacionales. Se están gestionando programas análogos de apoyo técnico con otros Gobiernos. Este programa de asistencia prevé transferencias de tecnología en amplias esferas, particularmente en forma de equipo, capacitación y servicios gratuitos de expertos.

## Equipo y técnicas ya bien establecidos

El instrumento más generalizado es el Medidor Analítico Estabilizado (MAE). Con este instrumento de escaso volumen y muy portátil puede determinarse el enriquecimiento del uranio midiendo la intensidad de los rayos gamma emitidos específicamente por el uranio-235



El analizador multicanal Silena-27 que, con un detector de germanio, se utiliza para medir los productos de fisión en los elementos de combustible irradiado.

(es decir, de aquellos cuya energía es de 185,7 keV, pues esta intensidad es por lo general directamente proporcional a la cantidad de uranio-235). Para esta medición se emplea un detector de yoduro de sodio de bajo poder resolutivo pero muy eficaz.

El MAE se utiliza corrientemente para medir el enriquecimiento del uranio (su porcentaje de  $^{235}\text{U}$ ) o la dotación de uranio de instalaciones de fabricación de combustible, o de reactores de investigación que tengan por combustible una aleación de aluminio-uranio en forma de placas. También se utiliza con un detector sensible a los neutrones (por ejemplo, del tipo de helio-3) para el recuento total de neutrones emitidos por el plutonio, recuento que, con correcciones apropiadas, es relacionable con el contenido de plutonio.

El plutonio se determina también midiendo la intensidad de los rayos gamma cuya energía es específica de uno de sus isótopos. Resolver o separar estas energías características es más difícil en el caso del plutonio y requiere equipo de análisis y detección más refinado. Pero puede hacerse utilizando el analizador multicanal Silena 27 y un detector de germanio intrínseco, dispositivos ambos portátiles y poco voluminosos, utilizados por los inspectores. El sistema Silena puede también acumular y tratar los datos relativos a los rayos gamma y registrarlos en una cassette de cinta magnética. Esto facilita el análisis subsiguiente de los datos del espectro gamma por la computadora de la Sede del Organismo. Este sistema se emplea para la medición de materiales nucleares que contienen plutonio, tales como polvos, bolas, plaquetas o elementos producidos en plantas de fabricación de combustible y utilizados en reactores (conjuntos críticos rápidos).

Hay problemas especiales de medición del uranio (por ejemplo, en el caso de las botellas de hexafluoruro de uranio ( $UF_6$ ) y del combustible de uranio irradiado) que requieren el elevado poder resolutivo del analizador Silena 27 y un detector de germanio. En el caso del  $UF_6$  poco enriquecido contenido en grandes botellas, es esencial una elevada resolución energética para distinguir entre los rayos gamma de 185,7 keV, característicos del  $^{235}U$ , y otras energías interferentes debidas a la radiación de fondo. Esta proviene sobre todo de los residuos de materiales radiactivos, como el  $^{234}Th$  y el  $^{234m}Pa$ , que quedan en las paredes interiores de la botella después de su vaciado precedente.

El sistema Silena 27 — detector de germanio se utiliza también para medir combustible de uranio irradiado. Este sistema de alto poder resolutivo permite medir y correlacionar con el grado de quemado y el contenido de plutonio los rayos gamma de energía específica emitidos por los productos de fisión contenidos en el combustible.

Una particularidad desfavorable del detector de germanio es que debe enfriarse con nitrógeno líquido durante la medición, por lo que debe disponerse de este elemento en el lugar de inspección. El recipiente del nitrógeno líquido acrecienta el volumen del dispositivo detector, y se pierde tiempo al esperar a que se enfríe el detector. Para superar estas dificultades, el analizador Silena 27 se combina con un detector gamma de telururo de cadmio, que no requiere refrigeración. Pero en la actual etapa de desarrollo, el poder resolutivo del detector de telururo de cadmio es inferior al del detector de germanio. En cambio, por sus pequeñas dimensiones, el primero puede emplearse en lugares en que es imposible usar un detector de mayor tamaño, por ejemplo, en los minúsculos huecos existentes entre las varillas de combustible de un conjunto combustible no irradiado.

También se utiliza en las inspecciones un contador neutrónico de coincidencia para alto flujo, concebido para medir grandes cantidades de plutonio o de hexafluoruro de uranio que tienen una emisión neutrónica muy intensa. El contador sirve para medir muestras a granel o plutonio de conjuntos combustibles no irradiados que contienen una mezcla de  $PuO_2-UO_2$ . El instrumento se ha diseñado en forma modular para hacerlo portátil.

#### **Nuevos instrumentos y técnicas de AND**

Está casi terminado un nuevo medidor analítico estabilizado denominado SMAE (es decir super MAE). Posee entre otras cosas una microunidad incorporada para el análisis matemático de los datos de medición necesarios para obtener los resultados analíticos preliminares.

El SMAE está alimentado por una batería no reutilizable y en principio se usará con detectores de yoduro de sodio y, más adelante, con detectores de telururo de cadmio. La realización de este medidor analítico permitirá aumentar enormemente la capacidad del OIEA en materia de salvaguardias, habiéndose asignado alta prioridad a la adquisición de estos instrumentos.

Otra meta de alta prioridad es el perfeccionamiento y la ampliación de la capacidad del explorador gamma segmentado computadorizado (EGSC). Este instrumento posee una nueva dotación física y lógica para eliminar y compensar las variaciones de medición causadas por la falta de uniformidad de las mezclas de plutonio o uranio. El EGSC se combinará con un detector de germanio intrínseco, lo que permitirá su empleo sobre el terreno.

La SIMT está ejecutando un programa de aplicación de la calorimetría al análisis no destructivo del plutonio. Los isótopos del plutonio producen una cantidad mensurable de calor debido sobre todo a las partículas alfa que emiten. El calor total generado es proporcional a la cantidad de los distintos isótopos del plutonio presentes en la muestra. Además de medir el calor producido (con un calorímetro), es también necesario determinar el contenido isotópico, lo que puede hacerse con un espectroscopio gamma de alto poder resolutivo.

Para la medición del plutonio se están construyendo tres calorímetros de cámara de aire y respuesta rápida, que la SIMT evaluará. Uno es para medir pequeñas muestras de plutonio en forma de bolas o de polvo, el segundo para vainas con óxido de plutonio a granel, y el tercero para barras combustible de plutonio de hasta cuatro metros de longitud. Las características interesantes del calorímetro son: 1) elevada exactitud de las mediciones, 2) no requiere el empleo de patrones de análisis representativos, 3) las mediciones son independientes de la homogeneidad de las muestras y de la matriz.

#### **Tratamiento automático de datos para AND**

A fin de acelerar y mejorar el análisis exacto de los datos sobre espectros acopiados durante las inspecciones, la SIMT ha adquirido un nuevo sistema de acumulación y tratamiento de datos relativos a los rayos gamma, basado en una minicomputadora. El sistema se utiliza para transferir de modo sistemático datos de cintas de cassette a una cinta magnética corriente más grande, para su almacenamiento y recuperación permanente, y para reducir y analizar estos datos con objeto de preparar informes sobre la abundancia y composición isotópicas. El sistema puede servir también para elaborar nuevas técnicas de análisis de rayos gamma. Será particularmente útil en el análisis e interpretación de las complejas mediciones de los espectros gamma del combustible irradiado para determinar el grado de quemado y el contenido de plutonio. Un objetivo más lejano es emplear este sistema en combinación con la gran computadora IBM 370/158 del Organismo para el análisis inmediato de los datos espectrales transmitidos telefónicamente por los inspectores en misión.

#### **Patrones para AND**

Uno de los puntos cruciales de la aplicación del AND en salvaguardias es la preparación, calibración y control de patrones para los instrumentos. El Organismo posee ya una útil gama de patrones físicos, pero el éxito del empleo de patrones físicos sobre el terreno dependerá de la solución de muchos problemas prácticos. Aunque en ciertos casos concretos es posible adquirir y utilizar patrones que son nominalmente idénticos a los objetos medidos, en general el uso de patrones de calibración que respondan exactamente a las necesidades de cada caso no es factible y el Organismo trata de hallar otras soluciones, por ejemplo, la elaboración de métodos de cálculo. Un buen método de cálculo no solo permitiría reducir el número de patrones de calibración, cosa muy necesaria en la práctica, sino que, una vez establecido, contribuiría en gran medida a identificar los patrones físicos falsos. La verificación de las mediciones efectuadas por AND contrastándolas con los cálculos, sería una protección adicional contra el sesgo en las mediciones absolutas.

#### **Recapitulación**

El desarrollo de técnicas e instrumentos para las salvaguardias del Organismo es un programa continuo que se ejecuta en colaboración con distintos Estados Miembros. Gracias a esta colaboración se logra responder a las necesidades de los inspectores y se consigue mejorar considerablemente la capacidad del Organismo en materia de salvaguardias internacionales.