

Cómo mejorar las técnicas de salvaguardia: instrumentos

por David E. Rundquist y Leonard M. Watkins

Con frecuencia el objetivo técnico de las salvaguardias se ha definido como la pronta detección de la desviación de cantidades importantes de material nuclear en caso de que ésta haya ocurrido. Los críticos lo comparan con el intento de poner calcetines a un pulpo, proceso éste en que al cuerpo de inspectores se le asigna el papel principal de vestidor que al mismo tiempo sujeta el animal, y a la Sección de Desarrollo, la misión de suministrar los calcetines (el equipo) y de asesorar (métodos y técnicas) desde una posición segura entre bastidores.

Este criterio no es sólo poco serio sino también excesivamente cínico, ya que, hasta el momento, las salvaguardias internacionales han tenido resultados satisfactorios. Sin embargo, hay un elemento de verdad en la inferencia implícita en la analogía de que el trabajo nunca llega a completarse.

Todos los años el número de instalaciones y la cantidad de material nuclear que ha de salvaguardarse aumenta con mayor rapidez que el personal de inspección disponible, y, a su vez, se amplía más la gama de tecnología de que disponen los desviadores.

El Organismo y la comunidad internacional de salvaguardias han respondido a este desafío centrandolo su esfuerzo en aumentar la eficacia del Organismo mediante el mejoramiento de las técnicas de salvaguardia.

El esfuerzo en materia de investigación y desarrollo que se requiere es extenso y entraña el apoyo oficial de nueve Estados Miembros y de la Comunidad Europea y un gasto ascendente a varias decenas de millones de dólares.* En la actualidad se están realizando cerca de 200 tareas de desarrollo.

En este artículo se ofrecen algunos ejemplos representativos de esta ingente actividad a fin de ilustrar la índole del trabajo y los problemas que encara el Organismo. También se brinda una breve reseña de las tendencias futuras.

Antes de abordar estos ejemplos, cabe revisar las consideraciones generales que deben tenerse en cuenta si en verdad se desea mejorar las técnicas de salvaguardia.

El Sr. Rundquist es Jefe de la Sección para el Desarrollo de Instrumentos, Métodos y Técnicas del Departamento de Salvaguardias del Organismo. El Sr. Watkins es miembro de esa Sección.

* Véase: *Research and Development Programmes in Support of IAEA Safeguards*, por A. von Baeckmann, en *Nuclear Safeguards Technology 1982* (Proc. Symp. Vienna, 1982), vol.1, Documento No. IAEA-SM-260/127, OIEA, Viena (1983).

Consideraciones generales para mejorar las técnicas

La salvaguardia eficaz de una instalación nuclear requiere un método y el equipo para ponerlo en práctica que garanticen, con un grado de confianza razonable, que el material nuclear pueda ser contabilizado en un período aceptable. Lo que es más importante, también precisa inspectores competentes cabalmente adiestrados en el uso de los equipos y la interpretación de los datos que suministran.

Por tanto, no debe causar sorpresa que las actividades de investigación y desarrollo que realizan el Organismo y los Estados Miembros que le brindan su apoyo para mejorar las técnicas de salvaguardia se concentren primordialmente en el desarrollo de métodos sistémicos, de equipamiento asociado y la metodología de su utilización.

Los métodos de salvaguardia varían según el tipo de instalación, pero en esencia todos los proyectos combinan las actividades de contabilidad del material con las de contención y vigilancia.

La contabilidad del material* está relacionada fundamentalmente con la actualización del inventario del material nuclear en las diversas secciones de una planta. Ello siempre entrañará mediciones tales como "cantidad", "enriquecimiento", y "número de elementos concretos".

La contención se refiere a la restricción de la circulación del material nuclear o el acceso a éste, bien por razones operacionales, como naturalmente ocurre en una planta (por ejemplo, "núcleo del reactor"), o bien mediante las medidas que aplica el Organismo en sus funciones de inspección (por ejemplo, el sellado de una cantidad de material nuclear previamente verificada).

La vigilancia supone la observación humana o por medio de instrumentos de la circulación del material nuclear (por ejemplo, circuito cerrado de televisión, cámaras filmadoras).

Por consiguiente, es natural que la aplicación del método de salvaguardia que se seleccione dé por resultado el emplazamiento y uso sobre el terreno de una combinación adecuada de equipos de medición y de contención y vigilancia (C/V). Esos equipos no deberán interferir en el funcionamiento de la central, objetivo que constituye un desafío especial para los equipos de

* Las definiciones completas de los términos técnicos que aparecen en este artículo figuran en *IAEA Safeguards Glossary*, IAEA/SG/INF/1.



Figura 1. Minianalizador multicanal portátil. Los tres grupos de teclas (abajo a la izquierda, centro y derecha) permiten que el inspector regule interactivamente el instrumento en respuesta a las instrucciones que aparecen en la pantalla de cristal líquido (centro izquierda). Utilizando los controles situados a ambos lados de la pantalla de TRC (arriba a la derecha) se pueden proyectar los espectros en ésta y registrarse en una grabadora de cassettes (arriba a la izquierda).

medición, y que, conjuntamente con los requisitos de "pronta detección", lleva al uso generalizado de instrumentación para ensayos no destructivos (END). El Organismo utiliza la información que se obtiene *in situ* de esos equipos como elemento para formular sus juicios sobre la contabilidad del material nuclear en una planta determinada. En algunos casos, los resultados de las mediciones de los END obtenidos *in situ* pueden dictar las actividades de inspección necesarias para subsanar errores contables.

Para que el juicio definitivo del Organismo tenga credibilidad, el método deberá ser fidedigno, y el equipo que se emplee sumamente confiable. A su vez, estas dos cualidades pueden garantizarse sólo de la manera siguiente:

- asegurando que el método y los equipos estén bien especificados y satisfagan verdaderamente las necesidades operacionales;
- empleando la tecnología y los procedimientos más adecuados;
- verificando el funcionamiento y haciendo los ajustes de equipos o procedimientos, en caso necesario;
- adiestrando cabalmente a los inspectores en el uso de los equipos y en la comprensión del método de salvaguardia.

En la especificación adecuada de los equipos se debe tener en cuenta no sólo las metas del comportamiento técnico (por ejemplo, un tiempo medio entre fallos (TMEF) y una precisión elevadas), sino también el medio en que funcionará la mayor parte de los equipos.

Al hablar de medio no nos referimos simplemente a condiciones ambientales como temperatura, humedad y radiación que, desde luego, son importantes y, dado el alcance mundial de las salvaguardias del Organismo, tienden a abarcar una gama más amplia que aquellas para las que se han diseñado los equipos comerciales.

El medio, en su sentido más vasto e importante, abarca el modo en que se empleará el equipo y el

mantenimiento que deberá recibir, quién habrá de dárselo y con qué limitaciones. En este sentido más amplio, hay diferencias importantes entre las situaciones industriales típicas y las que caracterizan a las instalaciones de salvaguardia. Los éxitos que ha alcanzado en el pasado el Organismo en materia de desarrollo han tenido lugar en gran medida cuando se ha prestado suma atención a estas diferencias, y, por el contrario, los fracasos han ocurrido cuando éstas se han pasado por alto.

Entre estas diferencias se incluyen:

- El equipo de contención y vigilancia (C/V) debe funcionar de manera confiable sin recibir atención durante los dos o tres meses que median entre inspecciones, de forma tal que éste no indique su estado funcional al explotador de la instalación. Los fallos se detectan sólo durante la visita de inspección o, en el caso de las cámaras filmadoras, cuando se revisan las películas en la Sede. Dicha situación hace que se disponga de menos equipos de ese tipo que de equipos industriales de fiabilidad similar, de los cuales los más modernos están diseñados para que den a conocer sus propios fallos al personal de mantenimiento especializado que labora en la instalación.

Lo anterior destaca la importancia de la fiabilidad y la necesidad de contar con un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de contención y vigilancia del Organismo.

- Las mediciones END *in situ* las efectúan en condiciones de terreno no ideales inspectores a quienes apremia a terminar su trabajo rápidamente el personal de la central con un mínimo de interrupción en las operaciones de la central. Por lo general, el inspector no es especialista en instrumentos y suele tener acceso limitado a otras normas de calibración que no sean las que se anexan o incorporan al instrumento.

Ello hace necesario que los instrumentos sean de uso sencillo, "indiquen" al inspector qué hacer en cada uno de los pasos del proceso de medición, y, siempre que sea posible, se calibren automáticamente.

- Desde el punto de vista del explotador de la instalación, los equipos y procedimientos de salvaguardia no son un requisito comercial, y con razón solicita que los sistemas y equipos de salvaguardia interfirieran lo menos posible en sus actividades. Además, el explotador concede poca prioridad a cualquier problema del equipo de salvaguardia que requiera su intervención.

Ello no sólo reafirma la necesidad de contar con los factores de fiabilidad y facilidad de uso antedichos, sino que también destaca la conveniencia de que la explotación de los instrumentos sea independiente de los servicios de la central.

Ejemplos representativos de investigación y desarrollo

Mini-AMC portátil (AMCP). El AMCP es un analizador multicanal portátil "inteligente" que funciona con baterías y visualiza y registra los espectros de rayos gamma que se obtienen de las muestras radiactivas mediante detectores apropiados.

Fue elaborado por el Los Alamos National Laboratory como parte del Programa de Apoyo Técnico de los Estados Unidos y ha atravesado diversas etapas de desarrollo.

El factor clave que orienta este proceso de desarrollo evolutivo ha sido la información ofrecida por los inspectores sobre sus experiencias con los primeros prototipos que se emplearon sobre el terreno.

Esta información ha hecho extremadamente fácil la operación de la versión de que se dispone actualmente en el mercado (véase la Fig. 1). La dotación lógica "cómoda al usuario" en que se basa el diseño del instrumento ayuda al inspector a efectuar sus mediciones en diversas condiciones ambientales. Las entradas sencillas con un solo golpe de tecla permiten que el instrumento se autorregule para una medición determinada. El instrumento proporciona sugerencias al inspector durante todo el proceso de regulación.

El instrumento tiene características de autocomprobación incorporadas, como las verificaciones del voltaje de la fuente de energía al detector y al instrumento, y proyecta sus mensajes diagnósticos en una pantalla de cristal líquido cuando el voltaje rebasa los límites admisibles.

Otras propiedades del instrumento son las siguientes:

- Número de canales ajustable (hasta 4096).
- Utilizable con detectores gamma de yoduro de sodio, germanio intrínseco o germanio/litio.
- Proyección del espectro en pantalla de tubos de rayos catódicos con cursor para seleccionar la región de interés.
- Almacenamiento de datos y de la condición de los instrumentos en cintas magnéticas.
- Discriminadores ajustables de niveles máximo y mínimo.
- Temporizador para verificar el tiempo de vida.
- Vuelco de datos de salida en serie a un dispositivo externo de "escucha" o registro.

Con la introducción del AMCP, el inspector tiene a su disposición un instrumento adecuado para numerosas

aplicaciones corrientes de END con rayos gamma, entre las que figuran:

- Identificación definitiva del plutonio o el uranio.
- Determinación del enriquecimiento en uranio-235 de materiales de óxido de uranio a granel, conjuntos combustibles frescos y cilindros para el almacenamiento de hexafluoruro.
- Determinación de la cantidad de uranio-235 que contienen los elementos combustibles de los reactores de investigación.
- Determinación del grado de quemado del combustible irradiado con vista a calcular el contenido de plutonio residual.

Además, el AMCP podría emplearse con el tiempo en las operaciones que se realizan habitualmente con el analizador multicanal estándar, por ejemplo, la identificación de isótopos.

La dotación lógica ha sido diseñada de manera que, a medida que se identifiquen futuras aplicaciones en materia de medición y se desarrollen los procedimientos, se puedan incorporar otras rutinas para el usuario.

Debido a su versatilidad y fácil uso, es probable que el AMCP se convierta en el "caballo de batalla" del Organismo para los END con rayos gamma. El grado de aceptación con que los inspectores del Organismo los han recibido puede apreciarse en una proyección que se hizo recientemente en el sentido de que para 1986 habrá en uso más de 40 unidades de AMCP.

Contador de haces para los reactores Candu recargados en servicio. Los métodos de salvaguardia para los reactores Candu exigen, entre otras cosas, que se controlen las descargas de combustible irradiado entre el reactor y el lugar de almacenamiento.

Con este fin, el Chalk River Nuclear Laboratories, de conformidad con el Programa de Apoyo del Canadá, creó un contador de haces que ya está instalado en diversas centrales y funciona de manera satisfactoria.

El contador consta de varios sensores de tubos Geiger (situados estratégicamente a lo largo de la ruta normal de descarga de combustible a fin de descubrir la presencia de combustible irradiado) conectados a un paquete electrónico basado en microprocesadores. El paquete (que aparece en la Fig. 2 con su correspondiente gabinete de seguridad) interpreta las señales Geiger y registra, para uso ulterior del inspector, la circulación de combustible, además del momento y la dirección en que ha ocurrido. Luego el inspector podrá utilizar directamente la información para verificar los registros de descarga de combustible que lleva el explotador.

El contador de haces posee muchas características que demuestran las tendencias actuales en el diseño de equipos de C/V para salvaguardia.

Algunas de estas características son las siguientes:

- *Base de microprocesadores.* Brinda la oportunidad de hacer cambios en la lógica de diseño, sin reempaquetar el equipo electrónico.
- *Autocontrol.* En el conjunto de tubos Geiger, hay incorporada una fuente "fiscalizadora" de cobalto-60 de poca actividad, que alimenta el paquete electrónico con una corriente estable de impulsos a baja velocidad. Cualquier corte accidental o deliberado de la conexión

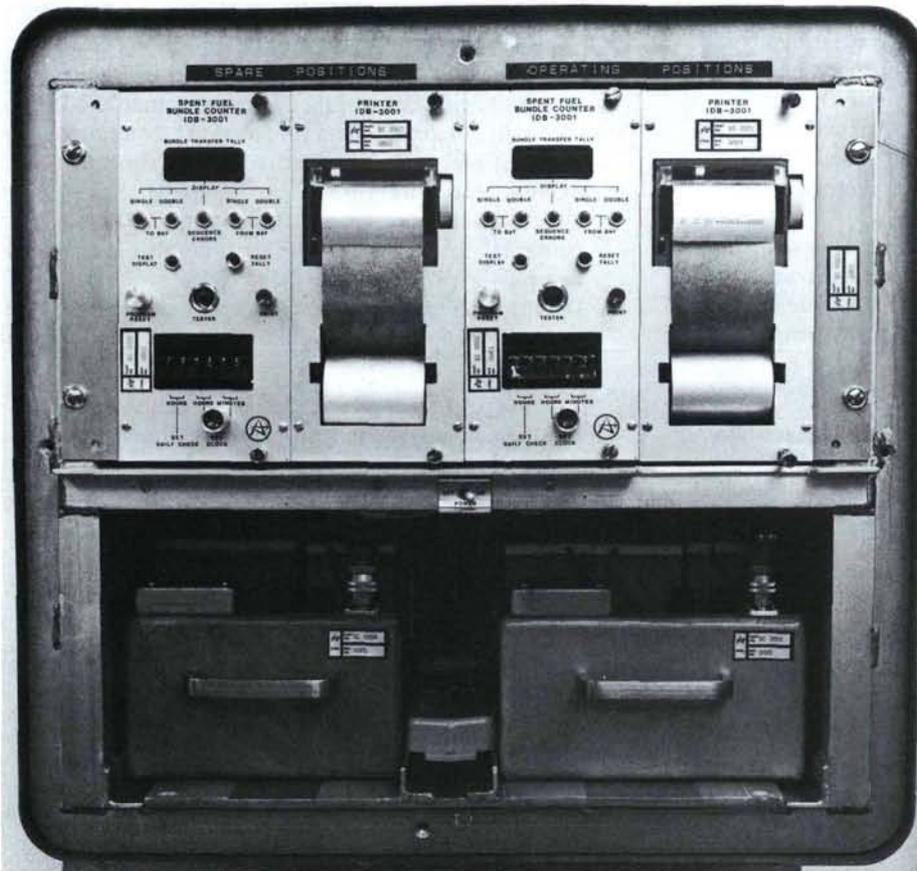


Figura 2. Vista frontal del gabinete de seguridad sin la puerta de un contador de haces Candu para combustible irradiado. En el extremo superior izquierdo puede verse el juego completo de unidades de repuesto, y debajo, la fuente de energía por baterías incorporadas en el equipo. Obsérvese también el termómetro "Máximo-Mínimo" entre las dos baterías. (Fuente: Atomic Energy of Canada Ltd - Research Co., Chalk River, Ontario, Canadá.)

eléctrica del tubo Geiger al paquete electrónico (o fallo del Geiger, o de su fuente de alto voltaje) interrumpiría inmediatamente los impulsos, lo que sería detectado y registrado por el paquete electrónico. Además, el microprocesador efectúa una autoverificación periódica de su memoria y componentes electrónicos asociados.

- **Fácil mantenimiento.** En la Fig. 2 se muestra un juego de módulos electrónicos de repuesto incorporados al gabinete de seguridad instalado. Si se sospecha que hay desperfectos en una unidad, el inspector puede desconectar la unidad defectuosa, conectar la de repuesto, y dejar a especialistas en electrónica que trabajan fuera del lugar que enfrenten en detalle las averías en la unidad que ha sido reemplazada.
- **Resistencia a la interferencia.** Entre estas características se incluye la ubicación de los módulos electrónicos dentro de una caja de acero de diseño especial que funcionan con energía suministrada por sus propias baterías; los precintos del Organismo en la caja; los indicadores de temperatura y radiación que hay dentro de la caja para descubrir cualesquiera errores operacionales debidos a la temperatura elevada o la radiación; y la característica "fiscalizadora" que describimos antes.
- **Ocultación del estado de funcionamiento.** Estas características de diseño incluyen: la colocación dentro de una caja de acero; el uso de circuitos electrónicos de baja potencia (CMOS) que no generan un calor que pueda detectarse en los puntos accesibles al desviador; y baterías como fuente propia para su funcionamiento.

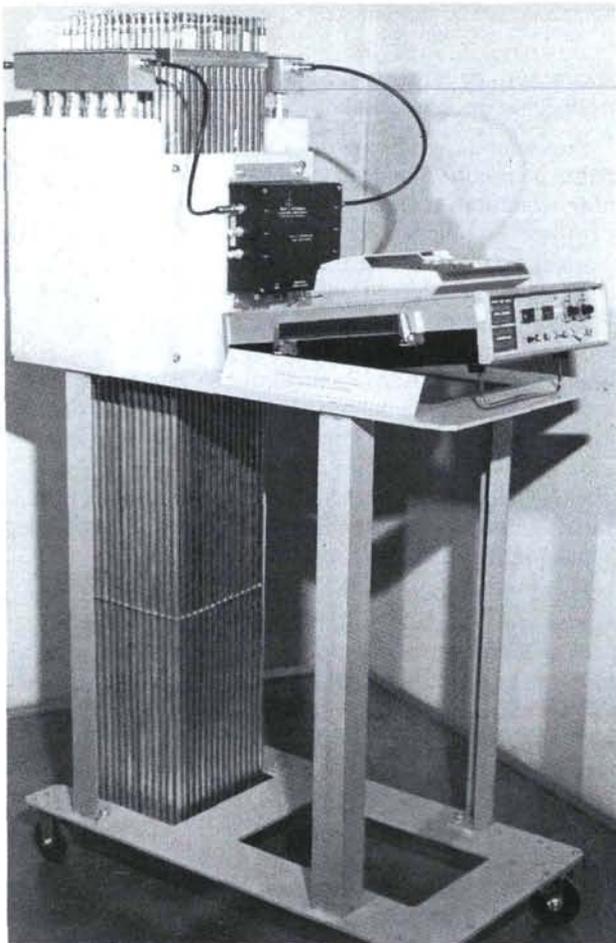
- **Alta confiabilidad.** La vigilancia del comportamiento (véase *infra*) ha dejado sentado que, con la pronta sustitución de los conjuntos Geiger, el contador de haces probablemente alcance o exceda la meta de tres años concebida como tiempo medio entre fallos.

Control del comportamiento: un programa eficaz

Desde hace algún tiempo se ha reconocido que los instrumentos de salvaguardia han madurado hasta el punto en que se ha hecho necesario fijar metas de comportamiento práctico y control sobre el terreno de su cumplimiento, a fin de que el Organismo pueda tomar decisiones eficaces sobre la aceptabilidad y el uso óptimo del equipo de salvaguardia.*

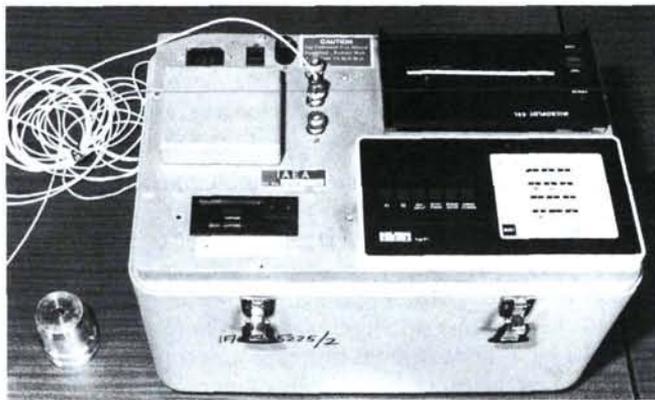
Por consiguiente, el Organismo está en vías de definir los programas de control del comportamiento sobre el terreno de todos los equipos de salvaguardia que se utilizan corrientemente en las esferas de C/V y de END. El objetivo final de estos programas es evaluar de manera sistemática, mediante el uso de métodos oficializados de análisis de fallos, si el equipo instalado sobre el terreno cumple sus finalidades concretas, y suministrar

* Véase "IAEA Safeguards Instrumentation Development, Implementation and Control" por D. Rundquist en: *Nuclear Safeguards Technology 1982* (Proc. Symp. Vienna 1982), vol. 2, Documento No. IAEA-SM-260/58, OIEA Viena (1983); *IAEA Safeguards Glossary*, IAEA/SG/INF/1; y "Practical Goals and Performance Monitoring of C & S Equipment" por D. Rundquist y L. Watkins en: Proc. Fifth Annual ESARDA Symp. on Safeguards and Nuclear Materials Management (abril de 1983) 71-75.



Collar de coincidencias neutrónicas para el uranio

Contador de coincidencias neutrónicas de alto nivel



Precinto y verificador ultrasónico



Monitor manual para ensayos con rayos gamma

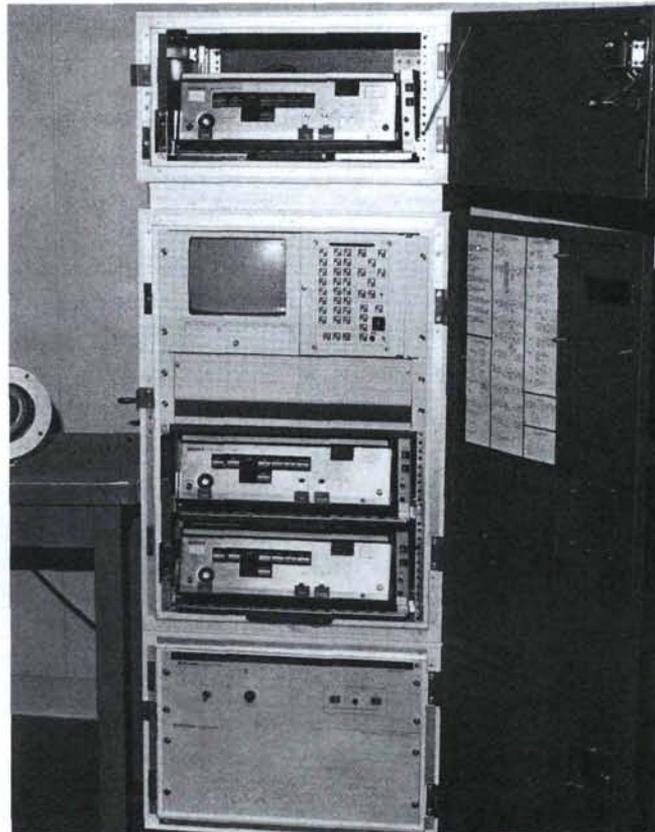


Dispositivo de Cerenkov para la observación de la luminosidad

Sistema avanzado de vigilancia por televisión



Sistema de reducción de datos para el análisis isotópico del plutonio, con un analizador multicanal CICERO y un detector Ge



Además de las técnicas y los equipos concretos que se examinaron en el artículo adjunto, el personal de salvaguardia emplea diversos instrumentos para la verificación.

información a la comunidad de salvaguardias acerca de las mejoras e innovaciones que es preciso realizar para enfrentar las nuevas necesidades.

Desde mayo de 1983, está vigente un importante programa sobre equipos de salvaguardia en cuatro reactores Candu de 600 megavatios, como parte del Programa de Apoyo del Canadá. En la primera actividad en gran escala de control del comportamiento que efectuó el Organismo se seleccionaron las centrales Candu dado que ese tipo de equipos brindaba una oportunidad única para establecer el control del comportamiento en un sistema integrado. Los sistemas de salvaguardia asociados se diseñaron como parte de un proyecto general de salvaguardia en que a cada uno se le asignó un papel bien definido y una meta de comportamiento.

Además, los sistemas que abarcó el programa pertenecían a la misma generación tecnológica, e incluían las tendencias que estaban surgiendo en los equipos de salvaguardia modernos (por ejemplo, el control mediante microprocesadores, el autodiagnóstico, la detección de intrusiones). También se contó con datos de cuatro centrales, lo que ofreció un tamaño de muestreo mayor y una mejor estadística de los que se dispone habitualmente.

El programa abarcó los siguientes elementos:

- creación de hojas de control y mecanismos de información estandarizados de los fallos de los equipos;
- adiestramiento práctico de inspectores en el uso del equipo, y las funciones que éste desempeña;
- participación directa del personal de desarrollo junto a los inspectores para iniciar el programa y brindarles ayuda en caso de que fuese preciso realizar ensayos o adiestramiento adicionales o de que se introdujesen modificaciones en los equipos;
- intercambio y examen mensuales de la información de campo entre las diversas secciones del Organismo que participan en el programa;
- análisis e informes oficiales del comportamiento con recomendaciones para mejoras o sustituciones, o ambas.

El programa ha tenido éxito y ha redundado en el mejoramiento de los equipos y en una mejor comprensión del proyecto de salvaguardias por parte de los inspectores.

Con la incorporación de las sugerencias de los inspectores, las hojas de control han demostrado ser una ayuda y no un obstáculo en el uso y verificación del equipo. Otra ventaja importante ha sido que el personal de desarrollo ha podido apreciar mejor el medio y las condiciones en que el inspector realiza su tarea.

Recientemente, como parte del Programa de Apoyo de los Estados Unidos se puso en práctica un programa semejante para los sistemas de televisión de circuito cerrado STAR recién instalados por el Organismo.

También se controlará el comportamiento de los instrumentos END. Sin embargo, surge una diferencia fundamental, ya que el centro de interés se desplaza hacia los resultados de las mediciones y no hacia la fiabilidad de la tecnología de computación. Ello complica la adquisición de datos respecto del control del comportamiento y la evaluación de si un instrumento cumple o no el objetivo propuesto.

El concepto de salvaguardia para las plantas de producción de agua pesada

Previendo la aplicación de salvaguardias a una gran planta de producción de agua pesada con suministro de agua natural, el Organismo ha analizado diversos métodos. Su objetivo sería proporcionar al Organismo la capacidad de verificar de manera eficaz la producción de agua pesada con suficiente calidad para los reactores. Se necesitaría esa capacidad para que el Organismo pudiera asegurarse de que no han dejado de registrarse extracciones o traslados importantes de agua pesada (o de compuestos de deuterio enriquecidos) con concentraciones superiores a alguna cifra objetivo y para que se pueda aplicar el método con un esfuerzo acorde con el que se realiza en otras instalaciones de manipulación a granel sometidas a salvaguardia y que elaboran materiales de uso indirecto.

Entre los métodos alternos que se han examinado están los relativos a la contabilidad del balance de materiales, el control del proceso y la contención y vigilancia de éste, aunque al parecer el mejor método es la combinación optimizada de los dos primeros. A guisa de ejemplo, el Organismo mediría el flujo y la concentración de deuterio de las corrientes de carga y descarga de amoníaco. Se mediría también el flujo y concentración de la corriente de producción de agua pesada y se estimarían los cambios y pérdidas del inventario de la planta a partir de los datos sobre el control del proceso, los que se complementarían con mediciones de los elementos asequibles del inventario. Los datos sobre el control del proceso también se usarían para estimar la extracción de la planta.

Las estimaciones preliminares indican que este método podría lograr una sensibilidad de detección mayor que el equivalente de 20 toneladas de óxido de deuterio utilizando los instrumentos disponibles en el mercado. Los espectrómetros infrarrojos están diseñados para medir la concentración, y los contadores estándar el flujo. Las mediciones de concentración intermedias necesarias para determinar el perfil de enriquecimiento de la planta y ayudar a establecer los inventarios y las pérdidas deberán basarse en la densimetría, utilizando los instrumentos que se ofrecen en el mercado para este fin.

En vista de la gran cantidad de datos que se manipulan, se prevé la incorporación de un pequeño sistema digital que registre a intervalos frecuentes los datos sobre el control del proceso pertinentes a la salvaguardia.

El almacenamiento del producto en forma de agua se verificaría atendiendo al plan típico de muestreo de atributos y variables. Con este fin, podrían ser útiles para la prueba de atributos las mediciones de velocidad acústica combinadas con una sencilla verificación de peso. Estas pruebas pueden efectuarse en barriles sin muestreo. Para las pruebas de variables sería preciso tomar una muestra de agua pesada y determinar la concentración con un densitómetro manual (o por ejemplo, remitir la muestra al laboratorio para un análisis de espectrometría de masa, o ambos pasos).

Los instrumentos diseñados para estos fines existen en el mercado, pero será menester efectuar algunas pruebas sobre el terreno y también mejorar su dotación lógica y la resistencia a la interferencia. En este caso en particular, el desarrollo del método sistémico ha

definido los instrumentos necesarios para su aplicación. A menudo sucede lo contrario y la existencia de instrumentos fundamentales ha antecedido al desarrollo convencional del método sistémico.

Tendencias futuras

El renombrado novelista de ciencia ficción Arthur C. Clarke dijo: "Esta es la primera era que presta gran atención al futuro, lo que resulta algo irónico, puesto que puede que no tengamos futuro alguno."

Organizaciones como el OIEA no pueden darse el lujo de ser pesimistas y, de hecho, éstas fueron creadas para ayudar a garantizarnos un futuro.

Los ejemplos de investigación y desarrollo que se ofrecen en este documento reflejan los trabajos que pueden aplicarse de inmediato a las salvaguardias. Sin embargo, en lo que respecta a la investigación y el desarrollo es preciso siempre adelantarse algunos años. Cada vez es más evidente que, a medida que se construyen centrales nuevas, más material nuclear se someterá a salvaguardias, más países firmarán acuerdos al respecto y el Cuerpo de Inspectores del Organismo tendrá que enfrentar una carga cada vez más onerosa.

En lo que respecta a la investigación y el desarrollo, se está estudiando la manera de aligerar esa carga. Una ayuda promisoría desde el punto de vista *técnico* es la tecnología de redes de computadoras para reunir algunos de los datos que el inspector obtiene actualmente.

Dicho método está preñado de problemas políticos y quizás nunca resulte viable, pero ese tipo de recopilación de datos a distancia ha demostrado ser técnicamente factible en multitud de aplicaciones.

Por ende, se sigue de cerca todo lo que pudiera aplicarse desde el punto de vista técnico a las salvaguardias. Una aplicación inicial que promete sería controlar el estado operacional de los equipos de salvaguardia en las diversas instalaciones (por ejemplo, ¿funciona la cámara filmadora?).

Concebimos ese control en varias etapas. De inicio, se diseñarían equipos y sus interfaces para que el inspector pudiese determinar en el lugar el estado operacional del equipo de salvaguardia. Ello permitiría automatizar el control del comportamiento que se describió anteriormente, reducir la intrusión o aumentar la eficacia, y, con toda probabilidad, reducir la exposición a la radiación tanto del personal de la instalación como de los inspectores.

La segunda etapa sería la transmisión de esa información a una oficina local del Organismo dentro del país de origen. Como último paso, se transmitiría la información directamente a la Sede del Organismo en Viena.

Para que este programa sea técnica y económicamente viable, debe disponerse de:

- sensores adecuados incorporados en los equipos, que detecten los fallos de manera inequívoca;
- diseño de interfaces adecuadas para los equipos que permitan leer los datos sobre esos fallos;
- desarrollo de una tecnología de redes segura y rentable, para transmitir los datos a distancia.

Ya hay en marcha o en elaboración proyectos a largo plazo. Una vez que se garantice la viabilidad técnica y que se demuestre que los beneficios justifican los costos, será menester abordar un problema de mayor envergadura: la factibilidad desde el punto de vista político.

Otra tendencia futura es sustituir la película con la televisión, ya que esta última permite examinar de inmediato en el lugar los resultados de la vigilancia realizada durante un período de inspección. En la actualidad se emplea la televisión en algunas instalaciones, pero para que llegue algún día a sustituir a la cámara filmadora Minolta doble, el "caballo de batalla" de vigilancia del Organismo, será preciso hacerla más confiable y pequeña, más a prueba de interferencias y más rentable que en el presente. Lograr estos objetivos es un gran desafío técnico.

Gestión internacional

El principal esfuerzo permanente de investigación y desarrollo que se está realizando para mejorar las técnicas de salvaguardia abarca un ámbito verdaderamente internacional y cuenta con el apoyo oficial de nueve países y de la Comunidad Europea, y con la cooperación de casi todos los Estados Miembros.

Un programa de esa índole apenas tiene precedentes, por lo que no está exento de problemas singulares. El hecho de que los requisitos de salvaguardia se satisfacen en gran medida indica que se están resolviendo los problemas y da prueba del apoyo y la cooperación que prestan los Estados Miembros.

No obstante, es evidente que resulta necesario hacer más para aumentar la credibilidad y eficacia de las salvaguardias. Para mejorar las técnicas de salvaguardia habrá que continuar brindando apoyo y cooperación. No podemos darnos por satisfechos y suponer que las soluciones de hoy darán resultado en el futuro.

Si nos apegamos demasiado al pasado podríamos correr la suerte del conservador de Disraeli que pretendió salvar una barranca en dos saltos. *

La innovación también tiene sus trampas, como lo demuestra el axioma de que a los pioneros se les puede identificar por las flechas que tienen clavadas en el cuerpo. Se precisa una mezcla de tecnología reconocida e innovación que aumente la efectividad y eficacia de las salvaguardias.

Nuestro éxito estará determinado por el acierto con que alcancemos el equilibrio correcto para lograr esos objetivos, a menudo contrapuestos.