

# Salvaguardia de materiales nucleares delicados: Intensificación de medidas

*Reseña de los principales factores en que se basan las medidas específicas adoptadas por el OIEA para salvaguardar distintos tipos de materiales nucleares delicados*

**C**onsiderados desde la perspectiva de un Estado con la intención de adquirir armas nucleares, determinados materiales nucleares sometidos a las salvaguardias del OIEA podrían contribuir en gran medida a ese empeño. Antes de decidirse a desviar materiales salvaguardados, ese Estado tendría que sopesar las ventajas estratégicas, programáticas y económicas con los riesgos de la detección y la posterior adopción de medidas.

Desde este punto de vista, el calificativo "delicado" asignado a determinados materiales nucleares responde a dos consideraciones principales. La primera es que, en sentido general, los materiales nucleares que más se ajustan a las exigencias de la fabricación de armas nucleares son claramente más delicados que otros, y la segunda es que, en una situación concreta, determinados materiales nucleares podrían servir de importante apoyo para el programa clandestino de armas nucleares de un Estado, teniendo en cuenta otras capacidades que pudieran existir en el país u obtenerse mediante arreglos internacionales.

Algunos Estados que no aceptan la aplicación de las salvaguardias generales del Organismo han concertado acuerdos de alcance más limitado, que también podrían aplicarse a materiales no nucleares, a equipo especificado y a instalaciones nucleares o no nucleares potencialmente importantes en el contexto de sus esfuerzos por adquirir armas nucleares. En tales casos, las medidas de salvaguardia que se adoptan cumplen requisitos generales y se adaptan a las circunstancias de una situación concreta.

En los Estados no poseedores de armas nucleares las salvaguardias se aplican sobre bases distintas. La mayoría de estos Estados han aceptado voluntariamente la aplicación de salvaguardias generales del OIEA a todos los materiales nucleares. A falta de indicación en contrario, normalmente se supone que tales actividades nucleares son legítimas y de índole pacífica. En estos casos las salvaguardias del Organismo constituyen, en efecto, medidas de fomento de la confianza mediante las cuales el Estado coopera con el Organismo para demostrar su buena fe con respecto a la no proliferación. Las medidas de salvaguardia del OIEA están orientadas a detectar las violaciones de los acuerdos de salvaguardias vigen-

tes, en caso de que algún Estado se sienta tentado a cometerlas.

En este artículo se abordan los principales factores tomados en cuenta al planificar la aplicación de las salvaguardias del OIEA, que reflejan la índole relativamente delicada de distintos materiales nucleares salvaguardados.

## Materiales nucleares delicados

Las armas nucleares contienen componentes de energía-fisión fabricados con plutonio, uranio muy enriquecido (UME) (uranio que contiene 20% o más del isótopo uranio 235) o uranio 233. Por lo tanto, desde el punto de vista de las salvaguardias, la condición de "delicado" que se atribuye a los materiales, equipo o instalaciones sometidos a las salvaguardias del OIEA está en relación con la disponibilidad de plutonio o uranio muy enriquecido y con la capacidad para producirlos y elaborarlos.

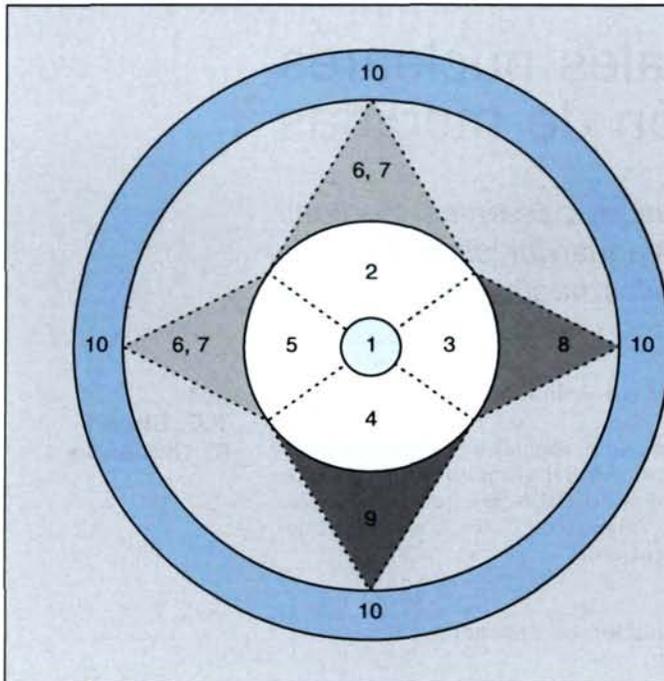
Según el criterio de los Estados poseedores de armas nucleares es posible fabricar este tipo de armas utilizando plutonio que contenga prácticamente cualquier combinación de isótopos. El plutonio que contiene porcentajes muy altos del isótopo plutonio 239 es más adecuado que el que contiene 10% o más del isótopo plutonio 240. Sin embargo, se puede incluso fabricar armas nucleares de muy alto rendimiento explosivo con plutonio de calidad apropiada para reactores que tengan un grado alto de quemado. Salvo en el caso del plutonio elaborado para aplicaciones de fuentes térmicas, que contiene 80% o más de isótopos de plutonio 238, a los fines de la aplicación de las salvaguardias del OIEA en los Estados no poseedores de armas nucleares se considera que todos los tipos de plutonio son igualmente "delicados".

En las actividades nucleares con fines pacíficos sólo se utiliza una pequeña cantidad de UME, principalmente en los combustibles de los reactores de investigación. Existe muy poco uranio 233.

Otros materiales nucleares —por ejemplo, el uranio natural— podrían resultar indispensables para la explotación de un reactor destinado a la producción de isótopos o de una planta de enriquecimiento. También podría suceder que se requiriera agua pesada salvaguardada para la explotación de un reactor de investigación o un reactor de potencia no salvaguardado en un Estado que no hubiera suscrito un acuerdo amplio de salvaguardias, y que ese reactor se utilizara para producir plutonio o uranio 233.

por  
T.E. Shea y  
K. Chitumbo

El Sr. Shea es Jefe de la Sección de Operaciones A2 del Departamento de Salvaguardias del OIEA, y el Sr. Chitumbo es Jefe de la Sección de Operaciones C3 del mismo Departamento.



### Escalonamiento de las actividades de salvaguardia para abarcar las estrategias de desvío

Las medidas de salvaguardia del OIEA se basan en una combinación escalonada de actividades en que se toman en cuenta las posibles estrategias de desvío (1). Estas estrategias podrían incluir la declaración incompleta de materiales nucleares (2); el uso indebido de instalaciones y material nuclear (3); la solicitud de materiales nucleares en préstamo (4); y la declaración exagerada de materiales nucleares (5). A fin de abarcar estas estrategias específicas, en las medidas de salvaguardia del OIEA se incluyen la verificación (mediciones) y las actividades de auditoría (6, 7); la verificación de la información sobre el diseño y las inspecciones especiales (8); y la aplicación de medidas de contención y vigilancia (C/V) e inspecciones especiales (9). Estas medidas constituyen elementos específicos de las actividades totales de salvaguardia (10) que se llevan a cabo para verificar el inventario físico del programa nuclear salvaguardado de un Estado, y para evaluar el cierre de los balances del material nuclear salvaguardado que se encuentre dentro de zonas definidas (zonas de balance de materiales).

### Estrategias de desvío

El enfoque de salvaguardias que se aplique en una instalación dada estará destinado a contrarrestar cualquier posible estrategia de desvío. Entre las estrategias y los planes de ocultamiento conexos que podrían utilizarse para realizar un desvío figuran los siguientes:

- *La remoción del material nuclear sometido a salvaguardias.* Ello puede hacerse mediante registros o informes falsificados o sin ellos (por ejemplo, declaraciones incompletas de entradas o declaraciones exageradas de envíos, declaraciones exageradas de desechos y/o de retención de desechos, o declaraciones exageradas de inventarios); mediante su sustitución por material falsificado o parcialmente falsificado o sin ella; o mediante material salvaguardado solicitado en préstamo a otras instalaciones o no.
- *El uso indebido de instalaciones salvaguardadas.* Esto podría hacerse, por ejemplo, mediante la producción no declarada de plutonio o uranio 233 en reactores de investigación o de potencia; la configuración y la producción de UME en instalaciones de bajo enriquecimiento; la reelaboración o la recuperación no declarada de desechos; o la producción de agua pesada o la recuperación de desechos no declarados.
- *En los Estados no sometidos a acuerdos generales de salvaguardias, la reproducción o el uso indebido de equipo sometido a salvaguardias.*

### Actividades de salvaguardia

Las salvaguardias comprenden la aplicación de una serie de medidas en instalaciones específicas o

en otros lugares. Además de las medidas tradicionales, el OIEA está elaborando medidas destinadas a fortalecer el sistema de salvaguardias que incluyen inspecciones especiales, un mayor hincapié en el suministro de información sobre el diseño y su verificación, la presentación de informes más amplios sobre operaciones relacionadas con materiales y equipo especificados, y la adopción de medidas complementarias como, por ejemplo, el muestreo medioambiental. Todavía no se han concluido los arreglos para la puesta en práctica de estas consideraciones. Estas medidas adicionales se aplicarían, ante todo, a los materiales nucleares delicados sometidos a salvaguardias del OIEA.

La aplicación de medidas de salvaguardia en las instalaciones nucleares delicadas se basa en una combinación de actividades escalonadas que abarcan los distintos grupos de estrategias de desvío mencionadas anteriormente. Estas actividades incluyen:

*Examen de la información sobre el diseño y verificación del inventario físico.* Estas actividades se realizan a los efectos de:

- comprobar la idoneidad de la instalación para las actividades nucleares con fines pacíficos declaradas;
- establecer que la información es completa, precisa y coherente, y que la instalación se construyó, se explota y se mantiene de conformidad con la información suministrada. El suministro, el examen y la verificación de la información sobre el diseño comienzan con el diseño conceptual de una central y se mantienen a lo largo de toda su vida útil hasta su clausura. Las actividades de verificación física son amplias y se realizan durante la construcción, las modificaciones y el mantenimiento de la central, su puesta en servicio en frío y en caliente y, en la medida de lo posible, durante las operaciones.
- proporcionar una base sobre la cual se pueda desarrollar y aplicar un enfoque de salvaguardias

para la instalación con objeto de detectar los desvíos o el uso indebido de la instalación; y

- facilitar material de referencia que permita hacer comparaciones durante la vida útil de la instalación para establecer que satisface las expectativas normales y las situaciones anormales o anómalas.

**Actividades destinadas a verificar los cambios en los inventarios y la observancia de los plazos.** Estas incluyen:

- amplia utilización de medidas de contención y vigilancia (C/V) en las zonas de las instalaciones donde se controlan las unidades y se almacena el material a granel. En algunos casos, se incorporan sistemas de medición para realizar una verificación automática.

- según la escala y la complejidad de la instalación, empleo de sistemas de C/V dinámicos para fiscalizar las operaciones de la central y las zonas de proceso. Se le puede incorporar sistemas de medición combinados con la elaboración de pronósticos mediante diagramas de procesos.

- compilación de los datos del explotador y verificación de las cantidades y la ubicación de los flujos de material salvaguardado, los inventarios en almacén y los inventarios de procesos durante las operaciones de la central, para poder realizar balances contables en tiempo casi real (NRTA) de partes separadas y combinadas de la central. (Cuando procede, se concertan otros arreglos específicos para la central.) La manera en que se reúnen los datos y la frecuencia de los balances NRTA dependen del tamaño de la central. En el caso de las nuevas plantas de reelaboración se prevé la adquisición de datos en línea utilizando los que se obtienen en las etapas antes citadas como, por ejemplo, capacidades para el análisis de datos *in situ*, que permitan realizar cierres de balances NRTA frecuentes, incluso diarios.

- computación de balances de material (un componente de la contabilidad nuclear) para realizar en las plantas de elaboración en gran escala subcampanas que se correspondan con operaciones contiguas efectuadas con distintos clientes.

**Verificación del inventario físico.** Una vez al año, los explotadores de las centrales tienen que pararlas, hacer una limpieza de materiales nucleares y levantar un inventario físico. El Organismo verifica el inventario físico declarado por el explotador mediante análisis no destructivos y destructivos, según proceda, de acuerdo con planes de muestreo aleatorio. Se aplican medidas de C/V para reducir la necesidad de mediciones, o para usarlas como base de un suministro continuo de información verificada.

**Evaluación del balance de materiales.** Al final de cada verificación del inventario físico, se evalúa y verifica el balance de materiales correspondiente al período de un año (máximo). Además, se computan los balances acumulativos de materiales a lo largo de toda la vida útil de la instalación para asegurar la estabilidad a largo plazo.

### Verificación del inventario inicial

El inventario inicial se verifica para establecer que la declaración inicial de un Estado sobre las ins-

Tipos de instalación	Materiales nucleares delicados	Número de instalaciones	Volumen de materiales nucleares en CS
Almacenamiento	Plutonio UME	26	3 678
Reactores de investigación*	Plutonio UME	102	200
Reactores de potencia	Plutonio	141	22 381
Reelaboración	Plutonio	6	68
Plantas de fabricación de combustible**	Plutonio UME	15	911
Plantas de enriquecimiento	Capaces de producir UME	5	

\* Incluidos los conjuntos críticos

\*\*Incluidas las plantas de transformación

Notas: Los datos corresponden al término de marzo de 1993 y a Estados no poseedores de armas nucleares con acuerdos de salvaguardias vigentes en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares y el Tratado de Tlatelolco (acuerdos tipo INFCIRC/153). CS = Cantidad significativa de material. 1 CS de plutonio = 8 kilogramos. CS de uranio muy enriquecido (UME) = 25 kilogramos.

talaciones, el equipo y los materiales sometidos a acuerdos de salvaguardias es completa y precisa.

La aplicación de las salvaguardias en una instalación dependerá de si ésta fue o no construida o explotada antes de aplicar las salvaguardias por primera vez, al aplicarse éstas de nuevo por haberse repetido las condiciones pertinentes, como puede suceder en el caso de las centrales de los Estados no poseedores de armas nucleares que no han concertado acuerdos generales de salvaguardias.

Las investigaciones que se realizan antes de aplicar las salvaguardias en tales circunstancias parecen conformar una especie de arqueología nuclear. Combinan exámenes exhaustivos de los registros históricos de las operaciones de la central con análisis de muestras de trazas tomadas en el interior y en las inmediaciones de la instalación para confirmar los registros operacionales.

### Consideraciones sobre el ciclo del combustible

A medida que los Estados establecen ciclos del combustible más completos, generalmente aumenta la capacidad de sus sistemas de contabilidad y control de materiales nucleares (SCCC). Esa capacidad da pie a dos consideraciones diametralmente opuestas en relación con la aplicación de las salvaguardias. La primera es que, hasta cierto punto, el OIEA podría utilizar el SCCC para cumplir sus obligaciones y llegar a conclusiones independientes, y la segunda es que el incremento de la capacidad técnica y el control que suele establecerse en los Estados ejecutores de programas nucleares civiles amplios podrían usarse para apoyar complejas estrategias de desvío y ocultación.

**Materiales nucleares delicados e instalaciones sometidos a salvaguardias generales del OIEA**

A lo largo de casi toda la historia de las actividades nucleares con fines pacíficos, el argumento de la utilización de los recursos energéticos ha sustentado y promovido el criterio de que la industria de la energía nucleoelectrónica de un Estado no está completa hasta que domina todos los elementos de las etapas inicial y final del "ciclo del combustible". Estas incluyen el enriquecimiento del uranio, la fabricación de combustible, el diseño y la construcción de reactores nucleares de potencia, la reelaboración del combustible gastado y la fabricación de combustible de plutonio para reciclarlo en los reactores de potencia de agua ligera o usarlo en reactores reproductores. No obstante, debido a los bajísimos precios del uranio y los altos costos asociados a la reelaboración y la fabricación de combustible de plutonio, esto no se ha materializado. Quizás por eso la mayoría de los Estados han optado por el ciclo "abierto" para los reactores de agua ligera, con la intención de almacenar el combustible gastado en repositorios geológicos y no reelaborarlo.

También hay una solución intermedia: los Estados exportan su combustible gastado a un complejo de reelaboración (que suele hallarse en un Estado poseedor de armas nucleares) y reciben a cambio plutonio separado o conjuntos combustibles de mezcla de óxidos (MOX) manufacturados.

También se está examinando la posibilidad de un ciclo del combustible tandem para hacer más económicos los reactores de agua pesada. En este caso, el combustible gastado procedente de los reactores de agua ligera se vuelve a "enlazar" sin reelaboración.

Cualquiera de estos casos abre nuevas posibilidades y plantea el reto de asegurar la vigencia del alcance y el objetivo de las salvaguardias.

### Situaciones específicas delicadas

Salvo muy raras excepciones, los Estados que ejecutan programas de armas nucleares han decidido crear instalaciones independientes destinadas específicamente a apoyar esos programas.

En los Estados no poseedores de armas nucleares, cuanto más capacidades del ciclo del combustible se creen, mayor será la posibilidad de adquirir armas nucleares mediante el desvío o el uso indebido de las instalaciones. En primer lugar, a medida que aumenten la cantidad de instalaciones y el volumen de los inventarios, mayor acceso se tendrá a los inventarios de plutonio separado. En segundo lugar, habrá más posibilidades de ocultar el desvío, por ejemplo, mediante el préstamo entre instalaciones, o mediante sucesivas limitaciones de la delicadeza de las actividades de verificación. En tercer lugar, a medida que aumenten las actividades civiles, el número de especialistas versados en determinadas esferas tecnológicas aumentará, lo que proporcionará una base que podría facilitar las actividades relacionadas con los armamentos.

### Instalaciones sometidas a salvaguardias o en las que había materiales salvaguardados al término de 1992

Categoría de la instalación	Número de instalaciones			
	Acuerdos INFCIRC/153	Acuerdos INFCIRC/66/Rev. 2	Estados poseedores de armas nucleares	Total
Reactores de potencia	151 (182)	13 (17)	2 (2)	166 (201)
Reactores de investigación y conjuntos críticos	134 (145)	22 (22)	2 (2)	158 (169)
Plantas de transformación	6 (7)	3 (3)	0 (0)	9 (10)
Plantas de fabricación de combustible	33 (34)	9 (9)	1 (1)	43 (44)
Plantas de reelaboración	5 (5)	1 (1)	0 (0)	6 (6)
Plantas de enriquecimiento	5 (5)	1 (1)	1 (1)	7 (7)
Instalaciones independientes de almacenamiento	35 (36)	6 (6)	5 (5)	46 (47)
Otras instalaciones	54 (57)	4 (4)	0 (0)	58 (61)
<i>Total parcial</i>	423 (471)	59 (63)	11 (11)	493 (545)
Otros emplazamientos	290 (468)	28 (32)	0 (0)	318 (500)
Instalaciones no nucleares	0 (0)	3 (3)	0 (0)	3 (3)
<i>Total</i>	713 (939)	90 (98)	11 (11)	814 (1048)

Notas: Los datos correspondientes a la categoría INFCIRC/153, que se refiere a los acuerdos de salvaguardias generales suscritos en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares y/o el Tratado de Tlatelolco, excluyen los emplazamientos iraquíes. La categoría INFCIRC/66/Rev.2 excluye las instalaciones de los Estados poseedores de armas nucleares, pero incluye las instalaciones de Taiwán, China.

## Mayor apoyo y transparencia

La experiencia adquirida en el Iraq, donde el OIEA descubrió un programa clandestino de fabricación de armas nucleares, permitió extraer importantes enseñanzas en relación con la aplicación de salvaguardias efectivas. Entre ellas cabe mencionar la necesidad de una mayor transparencia en las operaciones nucleares de manera que aquellas que persigan fines pacíficos puedan contar con la confianza de la comunidad internacional. El perfeccionamiento de las salvaguardias del OIEA puede, en cierta medida, contribuir a este objetivo, pero quizás sea más importante al efecto que los Estados adopten medidas conscientes con miras a controlar el acceso a los materiales y la tecnología delicados, presentar informes al OIEA sobre transferencias de materiales y equipo, y comunicar su inquietud cuando las medidas adoptadas por otros Estados no parezcan estar en consonancia con los programas nucleares normales con fines pacíficos.

Se están aplicando diversas medidas para fortalecer las salvaguardias del OIEA. Si bien se ha prestado especial atención a elementos concretos como las inspecciones especiales, el suministro y la verificación de la información sobre el diseño y la presentación de informes ampliados, uno de los cambios más significativos es la aprobación del "análisis de salvaguardias mejorado" como mecanismo complementario de las medidas tradicionales de verificación. Todavía no se han definido los elementos específicos del "análisis de salvaguardias mejorado", pero ya se pueden apreciar determinadas modalidades.

La primera, el examen sistemático de la información relacionada con las actividades nucleares de los Estados, se realizará periódicamente. Abarcará la información sobre el diseño y los datos obtenidos durante las inspecciones efectuadas en el curso normal de la aplicación de las salvaguardias del Organismo. Se examinará la información procedente de todas las instalaciones de un Estado y de sus asociados en las operaciones comerciales internacionales. Además, se cotejará la información de otros departamentos del OIEA con miras a confirmar los datos de salvaguardias y descubrir incoherencias que puedan indicar actividades no declaradas. También se examinarán periódicamente las publicaciones relativas a las actividades nucleares de un Estado.

En el marco de estos exámenes por países también se estudiará la información suministrada por los Estados Miembros junto con las últimas recomendaciones formuladas por la Junta de Gobernadores del OIEA. En esta información se incluye la presentación de informes ampliados sobre todas las transferencias de materiales nucleares, así como las transferencias de otros materiales o elementos específicamente determinados (en el documento INFCIRC/254 del OIEA).

Además de estas fuentes de información, se ha reconocido que los Estados Miembros del OIEA están obligados a comunicar al Organismo toda información verosímil que indique la posibilidad de que un Estado viola sus obligaciones en materia de no proliferación. Dicha información se utilizará junto con cualquier otra información de que se disponga para determinar la necesidad de pedir aclaraciones,

realizar visitas oficiales y, cuando proceda, efectuar inspecciones especiales.

Por otra parte, la información procedente de los análisis de muestras de agua, aire y tierra puede dar indicios de enriquecimiento o reelaboración no declarados. Existe tecnología idónea para lograr una gran capacidad de verificación por este medio; todavía no se han concertado los arreglos a este efecto.

Las salvaguardias del OIEA se encuentran en una importante etapa de transición. En estos momentos se está estudiando la posibilidad de incluir dichos mecanismos ampliados en el marco de la aplicación cotidiana de las salvaguardias. Se espera que ese mejoramiento de los métodos de análisis no sólo fortalecerá el sistema de verificación del Organismo, sino que además, aplicados de manera sinérgica, reducirán los costos de verificación sin sacrificar la eficacia. Las inspecciones ordinarias de las instalaciones que elaboran, almacenan y utilizan plutonio separado y UME representan hoy día aproximadamente la tercera parte de todas las inspecciones del OIEA. Se desconoce todavía si los métodos de análisis mejorados permitirán alcanzar una reducción en las dos terceras partes restantes, o en las inspecciones de esas instalaciones.

En el marco de las actividades de verificación, el OIEA analiza la información sobre la situación de los materiales nucleares salvaguardados.

