

Datos nucleares: Al servicio de las necesidades básicas de la ciencia y la tecnología

Cuadro panorámico del centro internacional de datos nucleares del OIEA

por Alex Lorenz y Joseph J. Schmidt

En el mundo actual la transferencia y la difusión de la información suponen el acopio, la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y la divulgación sistemáticos del conocimiento con el uso indispensable de las computadoras.

A fin de obtener el máximo provecho de la tecnología de la información que se ha venido perfeccionando durante los últimos decenios, es necesario reducir el conocimiento científico a estados o datos concretos concentrados. Hoy en día, el volumen de la información publicada impide a cualquier persona mantenerse completamente informada sobre su esfera de actividad, para no mencionar lo difícil que resulta mantenerse al corriente de los acontecimientos que se producen en otras esferas. Por consiguiente, se ha hecho necesario complementar la información que se publica de forma convencional (como libros, revistas e informes) y se conserva en las bibliotecas, con información condensada, apta para el proceso por computadora y presentada a los usuarios en forma asequible y práctica.

La información condensada adquiere diversas formas:

- Colecciones bibliográficas resumidas, como el Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS)
- Publicaciones periódicas y boletines de resumen
- Índices de una información específica, como el CINDA (índice computadorizado de datos neutrónicos microscópicos)
- Colecciones de información concreta en forma numérica.

Demanda de mayor cantidad de datos

Lo más importante para los científicos y los ingenieros es, a todas luces, la información numérica que conforma los datos básicos de entrada para todos los problemas que se resuelven mediante la computación. Durante los últimos 30 años, se ha observado en la esfera de la tecnología nuclear una demanda creciente para que se cree una colección de información nuclear numérica organizada y de fácil acceso. El desarrollo actual de reactores de fisión nuclear más eficientes y

seguros, la planificación a largo plazo de reactores de fusión nuclear y el aumento de la utilización de métodos y técnicas nucleares en prácticamente todas las esferas de la ciencia y la tecnología son algunas de las tendencias de la tecnología nuclear que exigen continuamente una mayor y mejor información numérica, la cual recibe comúnmente la denominación de datos nucleares.

Durante los últimos cinco a diez años, un número cada vez mayor de países en desarrollo solicitan datos nucleares, y la cantidad y complejidad de las solicitudes de información han aumentado notablemente. En el presente, científicos de más de 70 Estados Miembros han utilizado ya los servicios de datos nucleares del OIEA. El número de solicitudes que se recibe anualmente en la Sección de Datos Nucleares del Organismo se ha duplicado en los últimos cinco años. Diversos Estados Miembros en desarrollo empezaron a desarrollar en años recientes las tecnologías nucleares y del ciclo del combustible nuclear. Muchos otros países se vienen sintiendo cada vez más motivados para introducir técnicas nucleares que entrañan la utilización de radiaciones e isótopos nucleares en la ciencia y la industria.

Estos acontecimientos han traído por resultado la creciente demanda de que el OIEA suministre a un número cada vez mayor de usuarios una amplia cantidad de datos nucleares actualizados, así como los códigos de computadora necesarios para procesarlos. Mediante este servicio, el Organismo contribuye a crear una infraestructura nuclear en estos países.

El principal objetivo del programa de datos nucleares del Organismo es suministrar los datos nucleares y atómicos numéricos que necesitan las comunidades científicas de todos los Estados Miembros. Este objetivo se cumple por medio de las actividades de tres componentes de programa:

- *Evaluación de datos y coordinación de las investigaciones*
- *Proceso e intercambio de datos*
- *Servicios del centro y transferencia de tecnología*

A fin de garantizar la correcta planificación y ejecución de las tareas, el Programa de Datos Nucleares del OIEA está dirigido por el Comité Internacional de Datos Nucleares, órgano asesor permanente externo que está integrado por expertos de alto nivel designados por el

El Sr. Schmidt es Jefe de la Sección de Datos Nucleares del OIEA, y el Sr. Lorenz es funcionario de la sección.

Director General. Este comité examina el programa periódicamente y dirige las actividades futuras del mismo en función de las necesidades y prioridades de los Estados Miembros desarrollados y en desarrollo.

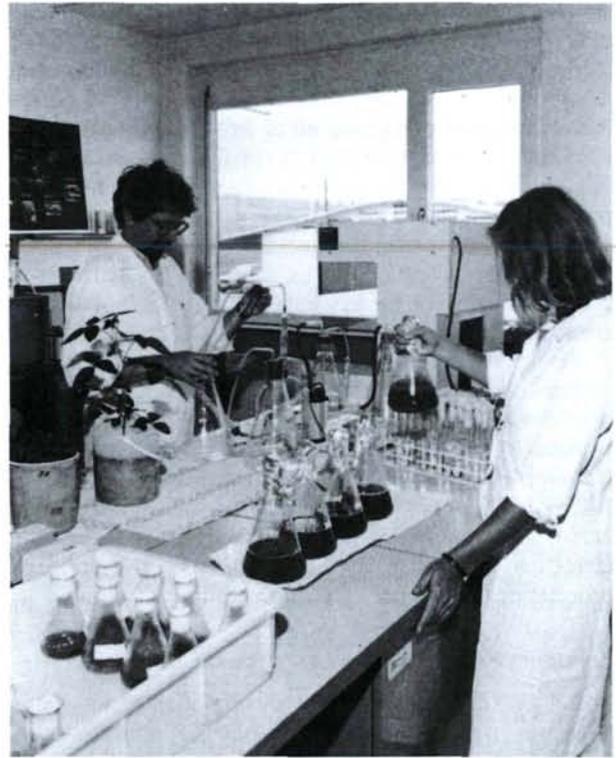
Actividades del centro de datos nucleares

El centro de datos nucleares del OIEA realiza las actividades siguientes:

- Como centro de coordinación de las investigaciones evalúa las necesidades de datos nucleares en diversas esferas de la ciencia y la tecnología. A tal fin mantiene contactos, mediante reuniones y visitas a laboratorios, con más de 200 laboratorios de investigación de 60 Estados Miembros (incluidos 55 laboratorios de investigación de 33 países en desarrollo) que trabajan en la medición o el proceso de datos nucleares. Con el objetivo de fomentar la producción y el perfeccionamiento de los datos nucleares y atómicos que se necesitan, mantiene diversos programas de investigación coordinados que abarcan a cerca de 50 grupos pertenecientes a institutos de investigación. Gracias a estos esfuerzos, el centro puede producir compilaciones de datos nucleares de referencia normalizados y generar ficheros especializados para importantes esferas de la tecnología, entre las que se encuentran la seguridad nuclear, las salvaguardias de los materiales nucleares y la fusión nuclear.

- Como centro de acopio, validación e intercambio de datos, coordina las redes mundiales de más de 30 centros y grupos de datos nacionales y regionales para el acopio, evaluación y difusión sistemáticos de datos nucleares y atómicos. El aspecto más importante de estos esfuerzos es que todos los datos nucleares que se producen en el mundo son compilados por cuatro centros de datos nucleares que cooperan entre sí. Esta red de cuatro centros está integrada por los Estados Unidos, la URSS, el OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE/AEN), y funciona mediante una base de datos común denominada EXFOR. Desde 1970 estos datos se han venido intercambiando sistemáticamente al ritmo de unas 40 cintas magnéticas por año. El volumen total de los datos EXFOR, consistente en 300 megabytes de datos numéricos aproximadamente, comprende datos procedentes de 51 países. Del total de datos, el 35% corresponde a los Estados Unidos, el 11% a la URSS, el 43% a los Estados Miembros de la OCDE (excepto los EE.UU.) y el 11% a todos los demás Estados Miembros del OIEA, incluidos 29 países en desarrollo. Además de la amplia base de datos EXFOR, el centro de datos nucleares del OIEA cuenta con 80 bibliotecas de datos nucleares para fines especiales que contienen 600 megabytes adicionales de datos numéricos y bibliográficos. Se dedican grandes esfuerzos al análisis, la comprobación y la validación de los datos para garantizar su exactitud y fiabilidad.

- Como centro internacional de datos, presta amplios servicios principalmente a los Estados Miembros en desarrollo. Proporciona datos nucleares y códigos de computadora para el proceso de datos, así como la documentación pertinente. También estimula y coordina la transferencia y el intercambio de información sobre



La agricultura es una de las numerosas esferas que precisan de los datos nucleares para respaldar las actividades de investigación y desarrollo. La foto muestra a científicos del laboratorio de agricultura del OIEA en Selbersdorf, Austria. (Cortesía de Katholitzky)

datos nucleares entre el Este y el Oeste y entre el Norte y el Sur. En 1985 el centro recibió 881 solicitudes de 73 Estados Miembros (53 países en desarrollo y 20 países industrializados), incluidas 269 solicitudes de datos nucleares numéricos, 13 de códigos de proceso de datos y 591 de informes técnicos. En respuesta a estas solicitudes, en 1985 la Sección de Datos Nucleares distribuyó alrededor de 1900 documentos y más de 45 000 conjuntos de datos individuales de datos nucleares, con un volumen total de 1600 megabytes aproximadamente. Al mismo tiempo, ha ofrecido amplias orientaciones a los científicos de los países en desarrollo sobre el uso y el proceso por computadora de estos datos.

- Como principal centro internacional para la producción y difusión de publicaciones sobre datos nucleares, el centro publica periódicamente dos importantes índices de datos bibliográficos para la venta (CINDA, para los datos nucleares y CIAMDA, para los datos atómicos) que distribuyen a más de 1200 bibliotecas, grupos de investigación y particulares. También produce periódicamente la lista mundial de solicitudes WRENDA, que contiene más de 1000 solicitudes de mediciones de datos nucleares. Esta lista se envía a cerca de 800 investigadores y directores de programas que la utilizan como orientación para sus trabajos. Además, el centro produce anualmente por término medio 20 informes de datos nucleares, distribuye alrededor de 40 informes de datos nucleares que generan los Estados Miembros y traduce del ruso al inglés unos 10 informes de datos nucleares. Todos los informes se distribuyen, en promedio, entre 300 a 500 científicos.

● Como centro de transferencia de tecnología de datos, desempeña un papel central en la transferencia de métodos y técnicas nucleares a los Estados Miembros en desarrollo. Más de 20 países en desarrollo y 10 países industrializados participan en el Proyecto interregional de cooperación técnica para la capacitación en técnicas e instrumentación de datos nucleares. Mediante este proyecto, el centro presta asistencia técnica en forma de equipo, becas, misiones de expertos y contratos de investigación. Su objetivo es capacitar a científicos y técnicos nucleares de los Estados Miembros en desarrollo en la utilización de los métodos y las técnicas nucleares. El centro también organiza actividades conjuntamente con el Centro Internacional de Física Teórica de Trieste. Entre estas actividades se incluyen cursos bienales sobre computación de datos nucleares para la tecnología nuclear en los que participan de 70 a 90 científicos de alrededor de 30 países en desarrollo, así como cursos interregionales de capacitación en cooperación técnica a los que asisten generalmente 20 científicos procedentes de 20 países en desarrollo.

Tendencias que influyen en el desarrollo

Tal como se ilustra en el cuadro anexo, los datos nucleares tienen un amplio campo de aplicación en esferas de actividad que crecen y se desarrollan continuamente. Por consiguiente, surgen nuevas necesidades de datos nucleares mejorados o de datos que no existen actualmente. De la misma manera, el desarrollo de la ciencia y la tecnología nucleares en los países en desarrollo traen aparejada la necesidad de que se establezca un programa permanente para la transferencia de tecnología de datos nucleares a los científicos de esos países. Actualmente tienen lugar algunos acontecimientos que definen las tendencias en la esfera de los datos nucleares:

- Perfeccionamiento de los ficheros de datos, con especial atención a la exactitud y fiabilidad de los datos requeridos.
- Generación de amplias compilaciones de datos nucleares y atómicos en forma de manuales, complementados por ficheros de datos basados en computadoras para determinadas esferas de aplicación (por ejemplo, seguridad nuclear, salvaguardias, fusión nuclear, geofísica nuclear y radioterapia médica).
- Mantenimiento de una asistencia técnica intensiva y de un programa de capacitación en beneficio de los países en desarrollo.

Necesidad de datos nucleares en diversas esferas

Existen diversas esferas en las que los datos nucleares y atómicos constituyen un componente básico de información para el diseño, la aplicación y la interpretación de métodos y técnicas nucleares que sobrepasan el marco de las consideraciones primarias de la energía nuclear (véase en el recuadro adjunto un informe sobre datos nucleares y seguridad nuclear). A continuación se dan algunos ejemplos de las tendencias en cuanto a las necesidades de datos nucleares en otras esferas:

● **Radioterapia.** Los recientes avances en la radioterapia neutrónica y protónica de altas energías han creado nuevas necesidades de datos nucleares y atómicos en

Aplicaciones de los datos nucleares en las esferas del programa del OIEA

Energía nucleoelectrónica	<ul style="list-style-type: none"> ● Diseño físico de los reactores de fisión y fusión (cálculos sobre el núcleo, transporte de plasma) ● Diseño de ingeniería de los reactores de fisión y fusión (integridad estructural, daños por radiaciones, blindaje)
Ciclo del combustible nuclear	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión del combustible dentro y fuera del reactor ● Regeneración química ● Manipulación, tratamiento y evacuación de desechos
Seguridad nuclear	<ul style="list-style-type: none"> ● Seguridad radiológica (manipulación y vigilancia de las radiaciones, efectos radiológicos y cálculos de dosis) ● Evaluación de los accidentes nucleares (seguridad nuclear y cálculos sobre el estado de criticidad)
Salvaguardias	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollo de instrumentos, métodos y técnicas (por ejemplo, ensayos no destructivos y métodos de cálculo)
Ciencias físicas	<ul style="list-style-type: none"> ● Física nuclear (diseño y empleo de aceleradores, reactores de investigación y detectores de radiación, aplicación y análisis de las técnicas nucleares) ● Física del plasma e investigaciones sobre la fusión controlada
Industria y química	<ul style="list-style-type: none"> ● Análisis de materiales (técnicas nucleares en la exploración mineral, aplicación de las técnicas de análisis) ● Producción de fuentes de radiaciones y radionúclidos con fines médicos y farmacéuticos
Hidrología isotópica	<ul style="list-style-type: none"> ● Aplicación de técnicas nucleares basadas en isótopos ambientales, trazadores isotópicos artificiales y fuentes radiactivas herméticas
Ciencias marinas	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluación de las repercusiones ambientales de las descargas de radionúclidos en el mar ● Evaluación de la evacuación de desechos en el mar y la contaminación marina
Ciencias biológicas	<ul style="list-style-type: none"> ● Aplicaciones médicas (empleo de radionúclidos y radiaciones en la medicina clínica, terapia basada en las partículas nucleares) ● Dosimetría de las radiaciones (interacción de las radiaciones con la materia) ● Investigaciones ambientales (análisis por activación, análisis de trazas y efectos de la radiación de baja actividad)
Agricultura y alimentación	<ul style="list-style-type: none"> ● Producción agropecuaria (empleo de trazadores radionúclidos) ● Irradiación de alimentos

gammas de energía, y de nucleidos. Para lograr entender los mecanismos radiobiológicos de la radioterapia, se hacen cálculos exactos del transporte de la radiación para simular la interacción de diversos campos de radiación de alta energía (por ejemplo, neutrones, protones, electrones, rayos X y rayos gamma) con el tejido celular. Asimismo, el adelanto de la terapia de neutrones y protones de altas energías plantea la necesidad de datos para diseñar los correspondientes dispositivos de blindaje y de formación de haces, y para comprender los efectos de la interacción de la radiación con el tejido

Los datos nucleares y la seguridad nuclear

De todas las esferas de aplicación de los datos nucleares, la seguridad nuclear es una de las que ha recibido mayor atención a nivel internacional en los últimos años. Probablemente ésta sea una de las causas fundamentales del aumento de la exactitud y la fiabilidad de los datos nucleares.

La seguridad nuclear abarca cuestiones diversas, desde la seguridad intrínseca de los reactores (incluidos los daños que ocasionan las radiaciones nucleares a los materiales estructurales del reactor, la acumulación de actínidos y productos de fisión, y la seguridad en condiciones de criticidad) hasta la protección del medio ambiente contra las radiaciones nucleares que emanan de los reactores, así como las emitidas durante el transporte y el tratamiento del combustible nuclear irradiado y los desechos.

La evaluación cuantitativa de estas cuestiones, así como el cálculo de las dosis de tolerancia para la exposición del hombre a las radiaciones, presuponen el conocimiento detallado de las propiedades de las radiaciones nucleares emitidas y de los procesos nucleares que las originan. La exactitud y fiabilidad de esos datos son de vital importancia, puesto que repercuten directamente en la exactitud y fiabilidad de los cálculos sobre la seguridad nuclear.

Un ejemplo de ello es la necesidad de datos nucleares y atómicos para determinar los daños ocasionados por las radiaciones a los materiales estructurales que se emplean en los reactores de fisión y fusión. Los daños en los materiales componentes a consecuencia de la radiación neutrónica o de partículas cargadas influyen directamente en la seguridad, la economía y el diseño de los reactores nucleares. (El daño de los materiales a causa de las radiaciones tiene lugar tras una exposición prolongada de los componentes del reactor a campos de elevados niveles de radiación localizados dentro de los límites del reactor nuclear.) Para comprender los mecanismos que dan origen a los daños nucleares, es preciso establecer una relación recíproca entre el tipo de daño y su alcance, y el carácter y la intensidad del medio radiactivo. La información necesaria para interpretar y comprender esa correlación comprende datos nucleares y atómicos. Hasta la fecha no existe una base de datos que permita comprender y prever cabalmente todos los aspectos de los daños por radiación.

Uno de los tipos de datos nucleares necesarios son las secciones eficaces neutrónicas, que cuantifican la interacción entre los neutrones rápidos y los materiales estructurales empleados en los reactores de fisión y fusión. Esos datos son necesarios para evaluar la seguridad nuclear y los daños ocasionados por

las radiaciones, y para efectuar los cálculos relativos a la economía neutrónica y el blindaje. En cuanto a los nucleidos componentes de los materiales estructurales (a saber, hierro, níquel y cromo, los tres componentes principales del acero inoxidable), los datos sobre reacciones neutrónicas que se emplean en los cálculos relacionados con la neutrónica de fisión y fusión son muy antiguos y por lo general no reflejan ya el estado actual de los conocimientos. En los últimos años se ha llevado a cabo la medición de una cantidad considerable de datos sobre las reacciones inducidas por neutrones en relación con los materiales estructurales. Se han logrado adelantos significativos en la esfera de los modelos del núcleo y los códigos de computadora, con los que se prevén e interpretan las reacciones neutrón-rápido-núcleo. En el presente, el centro de datos nucleares del Organismo coordina los esfuerzos que se realizan a escala internacional con miras a mejorar los datos nucleares evaluados de que se dispone, teniendo en cuenta los datos experimentales y las descripciones de los modelos del núcleo más recientes.

Otro problema de importancia para la seguridad nuclear es la acumulación de actínidos y radionucleidos productos de la fisión durante el funcionamiento del reactor. Ambos son resultado de los procesos de captura neutrónica y de fisión en el combustible del reactor nuclear. Ambos ocupan también un lugar prominente en el examen de la seguridad de los reactores nucleares, el ciclo del combustible nuclear, la gestión del combustible irradiado y las salvaguardias de los materiales nucleares. En cuanto a los actínidos, es preciso someterlos a un examen constante y establecer una normalización a nivel internacional a fin de asegurar la veracidad y la disponibilidad de una amplia gama de datos nucleares. (Entre ellos figura la fisión inducida por neutrones y las secciones eficaces de captura, los parámetros de resonancia, la cantidad media de neutrones inmediatos emitidos por fisión, así como las propiedades de desintegración nuclear correspondientes a un número determinado de nucleidos transuránicos generados en el combustible irradiado.)

El Organismo publicó recientemente una recopilación de datos de desintegración de los nucleidos transactínicos, que representa la culminación de un esfuerzo de siete años de duración en el que participaron los principales laboratorios. En el caso de los productos de fisión, aún no se conocen con la exactitud requerida los rendimientos de fisión ni los períodos, por lo que se prevé un esfuerzo similar encaminado a actualizar esa base de datos. El centro de datos nucleares del Organismo se propone celebrar varias reuniones en los años venideros y coordinar las investigaciones en un esfuerzo por llenar los vacíos y aumentar la exactitud de los datos necesarios.

vivo. El centro de datos nucleares del Organismo ha previsto una serie de reuniones con el fin de evaluar los datos de que se dispone para esas aplicaciones, y estimular nuevos trabajos de carácter experimental y teórico encaminados a llenar el vacío existente.

● **Fusión.** El desarrollo de la energía de fusión y su tecnología correspondiente se basan en gran medida en extensas calculaciones. Para ellas se requieren datos atómicos a fin de describir los procesos del plasma de fusión, así como datos nucleares neutrónicos para simular el transporte de neutrones y su absorción en las capas fértiles generadoras de tritio y en el blindaje circundante. En las dos esferas, los datos son marginalmente adecuados para atender las necesidades. El centro de datos nucleares del Organismo ha desarrollado una actividad independiente en relación con los datos atómicos, dirigida concretamente a satisfacer las necesidades de los físicos del átomo y de los modelistas del plasma de fusión dedicados a la fusión nuclear. Este trabajo se suma a las actividades encaminadas a evaluar

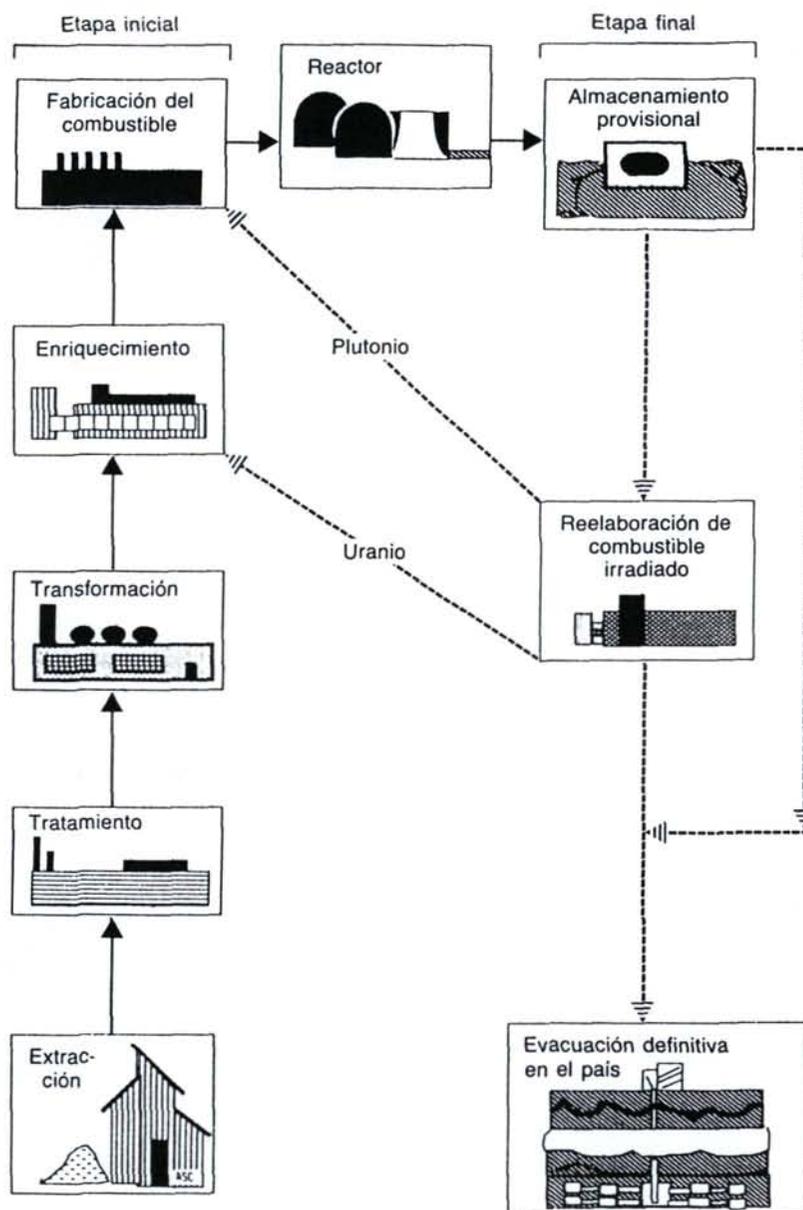
las necesidades de datos nucleares en el desarrollo de reactores de fusión, y a establecer un fichero de datos nucleares para los cálculos de los reactores de fusión.

● **Geofísica nuclear.** En esta esfera se emplean técnicas destinadas a determinar el carácter y medir la composición de los minerales y líquidos contenidos en las formaciones del subsuelo aplicando la espectroscopía de rayos gamma en pozos o perforaciones de sondeo. Se requiere un análisis cuantitativo exacto de los datos obtenidos para determinar las concentraciones de oligoelementos y de los principales componentes minerales. Esta necesidad impone fuertes demandas a la calidad de las mediciones espectroscópicas. Por consiguiente, exige la exactitud de los datos relativos a espectroscopía gamma y reacción nuclear empleados en los cálculos del transporte de la radiación que simulan el estado de los materiales geológicos masivos, así como en el análisis y la interpretación de las mediciones geofísicas. Los datos nucleares evaluados existentes, elaborados para su aplicación en la tecnología de los reactores nucleares, no

satisfacen adecuadamente esas necesidades. No bastan para abarcar toda la gama de nucleidos contenidos en los materiales geológicos, ni para incluir el tipo de reacción nuclear y de sección eficaz de la producción de rayos gamma que se ponen de manifiesto en esas mediciones. Actualmente se dedican considerables esfuerzos a la revisión del estado y la disponibilidad de los datos requeridos. El centro de datos nucleares del Organismo se propone elaborar en los años venideros un manual amplio y un fichero de computadora conexas de datos nucleares para su aplicación en la geofísica nuclear.

● **Salvaguardias.** Uno de los objetivos principales del programa de salvaguardias de materiales nucleares del Organismo es controlar la corriente de material nuclear fisionable y fértil. La contabilidad del material nuclear se basa en la información que suministran los explotadores de las plantas, y en su verificación mediante las inspecciones de control que realizan los inspectores de salvaguardias del OIEA. Entre las técnicas analíticas empleadas en la verificación se incluyen las técnicas destructivas (TD) y no destructivas (TND), que dependen de la medición de la energía y la intensidad de la radiación que emiten los materiales analizados. Para comprender e interpretar los resultados de esas mediciones se requiere un conocimiento amplio de los datos nucleares pertinentes con un alto nivel de exactitud. Los datos nucleares se necesitan también para realizar los cálculos que sustentan esas mediciones y para perfeccionar las técnicas analíticas y la instrumentación y crear otras nuevas. Actualmente, el centro de datos nucleares del Organismo trabaja conjuntamente con el personal del Departamento de Salvaguardias para compilar los datos requeridos y elaborar un manual de datos nucleares para su aplicación en actividades de salvaguardias. Se prevé complementar este manual con un fichero de datos para el suministro directo de datos de entrada a la computadora.

El ciclo del combustible nuclear



→ Ciclo del combustible típico para reactores de agua ligera
 Reelaboración del combustible irradiado o almacenamiento de desechos en el país.

Fuente: Tomado de *World Nuclear Fuel Cycle Requirements*, 1986, Energy Information Administration, US Department of Energy.

