

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Clausura de
instalaciones del
ciclo del combustible
nuclear

GUÍA DE SEGURIDAD

Nº WS-G-2.4



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a proveer a la aplicación de esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas aparecen en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos, así como la seguridad general (es decir, todas esas esferas de la seguridad). Las categorías comprendidas en esta serie son las siguientes: **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad**.

Las normas de seguridad llevan un código que corresponde a su ámbito de aplicación: seguridad nuclear (NS), seguridad radiológica (RS), seguridad del transporte (TS), seguridad de los desechos (WS) y seguridad general (GS).

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA en Internet:

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el glosario de seguridad del OIEA y un informe de situación relativo a las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA, PO Box 100, 1400 Viena (Austria).

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la aplicación de las normas (por ejemplo, como base de los reglamentos nacionales, para exámenes de la seguridad y para cursos de capacitación), con el fin de garantizar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. La información puede proporcionarse a través del sitio del OIEA en Internet o por correo postal, a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico, a la dirección Official.Mail@iaea.org.

OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III y el párrafo C del artículo VIII de su Estatuto, el OIEA facilita y fomenta la aplicación de las normas y el intercambio de información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad y protección en las actividades nucleares se publican como **informes de seguridad**, que ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad se publican como **informes sobre evaluación radiológica, informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), **Informes Técnicos**, y documentos **TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad. Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA**.

**CLAUSURA DE INSTALACIONES DEL
CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR**

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	FEDERACIÓN DE RUSIA	NICARAGUA
ALBANIA	FILIPINAS	NÍGER
ALEMANIA	FINLANDIA	NIGERIA
ANGOLA	FRANCIA	NORUEGA
ARABIA SAUDITA	GABÓN	NUEVA ZELANDIA
ARGELIA	GEORGIA	OMÁN
ARGENTINA	GHANA	PAÍSES BAJOS
ARMENIA	GRECIA	PAKISTÁN
AUSTRALIA	GUATEMALA	PALAU
AUSTRIA	HAITÍ	PANAMÁ
AZERBAIYÁN	HONDURAS	PARAGUAY
BAHREIN	HUNGRÍA	PERÚ
BANGLADESH	INDIA	POLONIA
BELARÚS	INDONESIA	PORTUGAL
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	QATAR
BELICE	IRAQ	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE
BENIN	IRLANDA	IRLANDA DEL NORTE
BOLIVIA	ISLANDIA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS MARSHALL	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BOTSWANA	ISRAEL	REPÚBLICA CHECA
BRASIL	ITALIA	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BULGARIA	JAMAHIRIYA ÁRABE LIBIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO
BURKINA FASO	JAMAICA	REPÚBLICA DOMINICANA
BURUNDI	JAPÓN	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
CAMBOYA	JORDANIA	RUMANIA
CAMERÚN	KAZAJSTÁN	SANTA SEDE
CANADÁ	KENYA	SENEGAL
CHAD	KIRGUISTÁN	SERBIA
CHILE	KUWAIT	SEYCHELLES
CHINA	LESOTHO	SIERRA LEONA
CHIPRE	LETONIA	SINGAPUR
COLOMBIA	LÍBANO	SRI LANKA
CONGO	LIBERIA	SUDÁFRICA
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SUDÁN
COSTA RICA	LITUANIA	SUECIA
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SUIZA
CROACIA	MADAGASCAR	TAILANDIA
CUBA	MALASIA	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MALAWI	TÚNEZ
ECUADOR	MALÍ	TURQUÍA
EGIPTO	MALTA	UCRANIA
EL SALVADOR	MARRUECOS	UGANDA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MAURICIO	URUGUAY
ERITREA	MAURITANIA, REPÚBLICA ISLÁMICA DE	UZBEKISTÁN
ESLOVAQUIA	MÉXICO	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
ESLOVENIA	MÓNACO	VIET NAM
ESPAÑA	MONGOLIA	YEMEN
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	MONTENEGRO	ZAMBIA
ESTONIA	MOZAMBIQUE	ZIMBABWE
ETIOPÍA	MYANMAR	
EX REPÚBLICA YUGOSLAVA DE MACEDONIA	NAMIBIA	
	NEPAL	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° WS-G-2.4

CLAUSURA DE INSTALACIONES
DEL CICLO DEL
COMBUSTIBLE NUCLEAR

GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2010

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización, y por lo general dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Centro Internacional de Viena
PO Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
correo-e: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2010
Impreso por el OIEA en Austria
Agosto de 2010

**CLAUSURA DE INSTALACIONES DEL
CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR**
OIEA, VIENA, 2010
STI/PUB/1110
ISBN 978-92-0-307110-9
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Una de las funciones estatutarias del OIEA es establecer o adoptar normas de seguridad para proteger, en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos, la salud, la vida y los bienes, y proveer lo necesario para la aplicación de esas normas a sus propias operaciones, así como a las realizadas con su asistencia y, a petición de las Partes, a las operaciones que se efectúen en virtud de cualquier arreglo bilateral o multilateral, o bien, a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en el campo de la energía nuclear.

Los siguientes órganos supervisan la elaboración de las normas de seguridad: la Comisión sobre normas de seguridad (CSS); el Comité sobre normas de seguridad nuclear (NUSSC); el Comité sobre normas de seguridad radiológica (RASSC); el Comité sobre normas de seguridad en el transporte (TRANSSC); y el Comité sobre normas de seguridad de los desechos (WASSC). Los Estados Miembros están ampliamente representados en estos comités.

Con el fin de asegurar el más amplio consenso internacional posible, las normas de seguridad se presentan además a todos los Estados Miembros para que formulen observaciones al respecto antes de aprobarlas la Junta de Gobernadores del OIEA (en el caso de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad) o el Comité de Publicaciones, en nombre del Director General (en el caso de las Guías de seguridad).

Aunque las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, éstos pueden adoptarlas, a su discreción, para utilizarlas en sus reglamentos nacionales respecto de sus propias actividades. Las normas son de obligado cumplimiento para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones para las que éste preste asistencia. A todo Estado que desee concertar con el OIEA un acuerdo para recibir su asistencia en lo concerniente al emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación o clausura de una instalación nuclear, o a cualquier otra actividad, se le pedirá que cumpla las partes de las normas de seguridad correspondientes a las actividades objeto del acuerdo. Ahora bien, conviene recordar que, en cualquier trámite de concesión de licencia, la decisión definitiva y la responsabilidad jurídica incumbe a los Estados.

Si bien las mencionadas normas establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar requisitos más detallados, acordes con la práctica nacional. Además, existirán por lo general aspectos especiales que será necesario aquilatar en función de las circunstancias particulares de cada caso.

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisibles y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las

obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la base de los instrumentos y publicaciones aplicables elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se consideran explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; se reconoce que, en relación con ellos, los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a directrices anteriores no satisfagan plenamente los requisitos y recomendaciones prescritos por las normas de seguridad del OIEA. Corresponderá a cada Estado decidir la forma de aplicar tales normas a esas instalaciones.

Se señala a la atención de los Estados el hecho de que las normas de seguridad del OIEA, si bien no jurídicamente vinculantes, se establecen con miras a conseguir que las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y los materiales radiactivos se realicen de manera que los Estados puedan cumplir sus obligaciones derivadas de los principios generalmente aceptados del derecho internacional y de reglas como las relativas a la protección del medio ambiente. Con arreglo a uno de esos principios generales, el territorio de un Estado ha de utilizarse de forma que no se causen daños en otro Estado. Los Estados tienen así una obligación de diligencia y un criterio de precaución.

Las actividades nucleares civiles desarrolladas bajo la jurisdicción de los Estados están sujetas, como cualesquier otras actividades, a las obligaciones que los Estados suscriben en virtud de convenciones internacionales, además de a los principios del derecho internacional generalmente aceptados. Se cuenta con que los Estados adopten en sus ordenamientos jurídicos nacionales la legislación (incluidas las reglamentaciones) así como otras normas y medidas que sean necesarias para cumplir efectivamente todas sus obligaciones internacionales.

NOTA EDITORIAL

Todo apéndice de las normas se considera parte integrante de ellas y tiene la misma autoridad que el texto principal. Los anexos, notas de pie de página y bibliografía sirven para proporcionar información suplementaria o ejemplos prácticos que pudieran ser de utilidad al lector:

En las normas de seguridad se usa la expresión “deberá(n)” (en inglés “shall”) al formular indicaciones sobre requisitos, deberes y obligaciones. El uso de la expresión “debería(n)” (en inglés “should”) significa la recomendación de una opción conveniente.

El texto en inglés es la versión autorizada.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.5)	1
	Objetivo (1.6)	2
	Alcance (1.7–1.11)	2
	Estructura (1.12–1.13)	3
2.	CUESTIONES CLAVE ESPECÍFICAS DE LA CLAUSURA	4
	Consideraciones generales (2.1–2.5)	4
	Responsabilidades (2.6–2.9)	5
	Marco regulador (2.10–2.12)	6
	Seguridad tecnológica (2.13–2.16)	7
	Consideraciones para la protección contra la radiación y la protección ambiental (2.17–2.19)	8
	Gestión de desechos radiactivos (2.20)	9
3.	SELECCIÓN DE UNA OPCIÓN DE CLAUSURA (3.1–3.7)	9
4.	FACILIDADES PARA LA CLAUSURA	12
	Introducción (4.1)	12
	Consideraciones en la fase de diseño y construcción (4.2–4.4)	12
	Consideraciones durante el funcionamiento de la instalación (4.5–4.6)	13
5.	PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA	14
	Consideraciones generales (5.1–5.5)	14
	Planificación inicial (5.6–5.8)	15
	Planificación en curso (5.9)	16
	Planificación final (5.10–5.12)	16
	Evaluación de la seguridad tecnológica para la clausura (5.13–5.18)	18
	Garantía financiera para la clausura (5.19–5.21)	19

6.	TAREAS CRÍTICAS DE LA CLAUSURA	20
	Caracterización de la instalación (6.1–6.4)	20
	Retirada del material residual del proceso (6.5–6.6)	21
	Descontaminación (6.7–6.9)	21
	Desmantelamiento (6.10–6.13)	22
	Demolición (6.14)	23
	Vigilancia y mantenimiento (6.15–6.17)	24
	Estudio radiológico final (6.18–6.21)	25
7.	GESTIÓN DURANTE LA CLAUSURA	25
	Personal y capacitación (7.1–7.5)	25
	Control organizativo y administrativo (7.6–7.10)	27
	Estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad (7.11–7.12)	27
	Protección frente a la radiación (7.13)	28
	Supervisión radiológica en el emplazamiento y fuera de él (7.14–7.17)	28
	Gestión de los desechos (7.18–7.26)	29
	Planificación de emergencias (7.27)	31
	Protección física y salvaguardias (7.28)	32
	Garantía de calidad (7.29–7.30)	32
8.	TERMINACIÓN DE LA CLAUSURA (8.1–8.3)	32
	REFERENCIAS	34
	ANEXO: EJEMPLO DE CONTENIDO DEL INFORME DEL ESTUDIO RADIOLÓGICO FINAL	35
	COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EL EXAMEN	37
	ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD	39

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Esta Guía de Seguridad se publica en el marco del Programa de Normas de Seguridad de los Desechos Radiactivos del OIEA, que se ocupa de todos los aspectos importantes de la seguridad de los desechos radiactivos. Esta serie consta de Fundamentos de Seguridad [1], Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

1.2. Los requisitos de seguridad para la clausura se exponen en la publicación de Requisitos de Seguridad titulada Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura [2]. Otras normas de seguridad del OIEA estipulan otros requisitos de seguridad pertinentes [3]. Una publicación de Requisitos de Seguridad, titulada Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear y radiológica de los desechos radiactivos y del transporte, establece requisitos concretos para las infraestructuras jurídicas y gubernamentales en apoyo de las actividades de clausura [4].

1.3. La clausura es la fase final del ciclo de vida de una instalación nuclear. Al ir madurando la industria nuclear, son muchas las instalaciones que se aproximan a la clausura. La gestión de la seguridad, como se ha demostrado en la planificación y realización correctas de la clausura, atiende a la protección de la salud de los trabajadores y del público, así como del medio ambiente.

1.4. En esta Guía de Seguridad se exponen recomendaciones sobre la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear. Contiene directrices para seleccionar la opción de clausura adecuada para la instalación de que se trate, identifica tareas críticas y cuestiones clave, y explica métodos para gestionar las actividades de clausura. Las orientaciones proceden de los principios básicos para la gestión de los desechos radiactivos expuestos en Principios para la gestión de desechos radiactivos [1] y la publicación de Requisitos de Seguridad que lleva por título Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura [2].

1.5. Otras dos Guías de Seguridad se ocupan de la clausura de las centrales nucleares y los reactores de investigación, y de la clausura de las instalaciones médicas, industriales y de investigación [5, 6].

OBJETIVO

1.6. El objetivo de esta Guía de Seguridad es proporcionar orientaciones a los órganos reguladores y las entidades explotadoras sobre la planificación y las medidas para una gestión segura de la clausura de las instalaciones sin reactores del ciclo del combustible nuclear. Aunque las consideraciones básicas de seguridad para la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear son similares a las de las centrales nucleares, existen diferencias importantes, en particular en el diseño y los parámetros de funcionamiento de las instalaciones, los tipos de material radiactivo y los sistemas de apoyo disponibles. El objetivo de esta Guía de Seguridad consiste en prestar asesoramiento para la parada y la clausura eventual de esas instalaciones, teniendo en cuenta sus características propias.

ALCANCE

1.7. Esta Guía de Seguridad versa sobre la clausura segura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, como las siguientes:

- a) Instalaciones de procesamiento de superficie para la extracción y el tratamiento de uranio y torio,
- b) Instalaciones de conversión de uranio,
- c) Instalaciones de enriquecimiento de uranio,
- d) Instalaciones de fabricación de combustible,
- e) Instalaciones de almacenamiento de combustible fuera del reactor,
- f) Instalaciones de reprocesamiento,
- g) Instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos,
- h) Instalaciones de tratamiento y acondicionamiento de desechos radiactivos.

1.8. Aunque los laboratorios analíticos, las instalaciones de investigación y los lavaderos suelen estar situados en los mismos emplazamientos que las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, esta publicación no se ocupa de la mayoría de las instalaciones de ese tipo, que se tratan en otra Guía de Seguridad del OIEA [6]. No obstante, en el caso de instalaciones de investigación complejas en las que la clausura implicaría actividades de descontaminación y desmantelamiento a una escala mayor o más compleja, pueden ser aplicables las orientaciones de esta Guía de Seguridad.

1.9. La disposición final de los desechos radiactivos asociados y el cierre de repositorios de desechos no se tratan en esta Guía de Seguridad, sino que se

examinan en otra publicación [7]. La gestión de los residuos de la extracción y el tratamiento, como colas y roca de desecho, queda también fuera del alcance de esta publicación, que cubre, sin embargo, la clausura de instalaciones y equipo para la extracción industrial de superficie asociada con la extracción minera y el tratamiento.

1.10. Esta Guía de Seguridad versa fundamentalmente sobre los riesgos radiológicos resultantes de las actividades relacionadas con la clausura de instalaciones del ciclo del combustible, ante todo con la clausura tras una parada planificada. Muchas de las medidas son igualmente aplicables a la clausura tras un acontecimiento anormal que haya dado lugar a daños o contaminación graves del sistema. En este caso, la publicación puede servir de base para desarrollar disposiciones especiales de clausura, aunque también harán falta consideraciones adicionales.

1.11. Durante las actividades de clausura pueden surgir también riesgos no radiológicos, como los imputables a fuentes potenciales de incendio o los debidos a la liberación de amianto. Esta Guía de Seguridad no se ocupa explícitamente de esos riesgos, pero se les debe prestar la debida consideración durante el proceso de planificación y en el análisis de riesgos.

ESTRUCTURA

1.12. En la Sección 2 se tratan cuestiones clave de la clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear. El proceso para seleccionar la opción de clausura adecuada se comenta en la Sección 3. Las consideraciones para facilitar la clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear se exponen en la Sección 4. La planificación y la ejecución de una evaluación de la seguridad para clausurar una instalación del ciclo del combustible nuclear es el tema de la Sección 5. Las tareas críticas de la clausura debido a su complejidad o a su importancia en relación con temas esenciales de la seguridad se examinan en la Sección 6. La gestión global del proceso de clausura se explica en la Sección 7. La terminación de la clausura y el contenido del informe final de ésta se tratan en la Sección 8.

1.13. En un Anexo se facilita un ejemplo de contenido del informe del examen radiológico final.

2. CUESTIONES CLAVE ESPECÍFICAS DE LA CLAUSURA

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. El término ‘clausura’ se refiere a las medidas administrativas y técnicas adoptadas para permitir la supresión de algunos o todos los controles reglamentarios de una instalación nuclear (excepto en el caso de un repositorio, que es objeto de ‘cierre’ en vez de ‘clausura’). Estas medidas comprenden la descontaminación, el desmantelamiento y la retirada de materiales, desechos, componentes y estructuras radiactivos. Se aplican para lograr una reducción progresiva y sistemática de los riesgos radiológicos y se ponen en práctica basándose en una planificación previa y una evaluación con objeto de garantizar la seguridad tecnológica durante las operaciones de clausura.

2.2. El período de tiempo necesario para concluir la clausura dependerá del tipo de instalación, el inventario de radionucleidos, la estrategia de clausura elegida, las técnicas empleadas y, en algunos casos, la política de gestión de los desechos. El ritmo de la clausura será tal que “no imponga cargas indebidas a las generaciones futuras”, tanto por lo que se refiere a riesgos adicionales en materia de salud y seguridad tecnológica como a necesidades financieras (Ref. [1], principio 5). En caso de instalaciones del ciclo del combustible que contengan contaminación alfa de vida larga, esto puede suponer que la opción preferida sea el desmantelamiento rápido.

2.3. La clausura puede comprender la supresión por fases de la instalación del ciclo del combustible nuclear o partes del emplazamiento del control reglamentario antes de que esté concluido el proceso de clausura de toda la instalación o todo el emplazamiento. En el caso de que se esté clausurando parte de la instalación, esta Guía de Seguridad se aplica únicamente a las actividades de clausura. Con todo, las implicaciones potenciales de seguridad por lo que respecta a la interacción entre cualquier trabajo de clausura y la continuación del funcionamiento de la instalación deben examinarse individualmente en cada caso.

2.4. A reserva de los requisitos jurídicos y reglamentarios nacionales [4], cabe considerar también que una instalación nuclear o sus partes restantes se clausurarán si se incorporan a una instalación ya existente o nueva que esté o vaya a estar sometida a control reglamentario. Esto podría aplicarse cuando la instalación que va a ser clausurada se encuentre en un emplazamiento junto con

otras instalaciones nucleares, incluso cuando el emplazamiento permanezca bajo control reglamentario u otro control institucional. En este caso, el desmantelamiento de las instalaciones restantes debe incluirse en la planificación de la clausura de la totalidad del emplazamiento.

2.5. Hay muchos factores que deben tenerse en cuenta para garantizar la seguridad tecnológica de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear durante la fase de funcionamiento. Algunos de esos factores pueden seguir aplicándose durante la clausura, pero esta misma origina problemas que son distintos de los que predominan durante el funcionamiento de la instalación. Estos problemas, que se identifican más adelante en esta Guía de Seguridad, deben considerarse de la manera adecuada para garantizar la seguridad global de la clausura.

RESPONSABILIDADES

2.6. Cuando una instalación del ciclo del combustible nuclear queda fuera de servicio, la licencia puede ser reexpedida, modificada o transferida a una organización distinta que se convierte en la nueva organización en funcionamiento de la instalación durante la fase de clausura. Las actividades de clausura pueden implicar a numerosas organizaciones adicionales, comprendidos contratantes y subcontratantes que pueden no estar familiarizados con las instalaciones nucleares. Las responsabilidades y las relaciones entre las diferentes organizaciones han de ser adecuadamente definidas por la entidad explotadora (titular de la licencia). A la entidad explotadora (titular de la licencia) corresponderá la responsabilidad final de la seguridad durante las operaciones de clausura, incluso cuando los contratantes se utilicen para realizar tareas o funciones específicas (Ref. [2], párrs 3.11 y 3.16).

2.7. Las responsabilidades de las entidades que participan en la producción y la gestión de desechos radiactivos, comprendidas las responsabilidades relativas a la clausura segura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear y las responsabilidades específicas de las entidades implicadas en la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, se determinan en la Ref. [4].

2.8. La entidad explotadora formulará y ejecutará de modo seguro el plan de clausura (Ref. [2], párr. 3.13) e iniciará la planificación de la clausura en la fase de diseño y construcción, y la proseguirá durante la explotación (Ref. [2], párr. 6.2). Asimismo la entidad explotadora:

- a) Debe poseer los recursos, conocimientos técnicos y conocimientos especializados necesarios para proceder a la clausura, y debe conservar los registros y la documentación relacionados con los procesos de diseño, construcción, explotación y clausura, de modo que se pueda transferir esa documentación a cualquier entidad explotadora de apoyo o sucesora;
- b) Debe garantizar la conservación de registros y documentos durante un período de tiempo determinado por el órgano regulador tras la conclusión de la clausura, comprendida información esencial como los resultados del examen radiológico final;
- c) Debe transmitir al órgano regulador, según un programa, toda información relacionada con la seguridad tal como lo determinen los términos de la licencia.

2.9. La entidad explotadora debe preparar un programa de información pública para proporcionar información sobre el proyecto de clausura.

MARCO REGULADOR

2.10. A medida que las actividades de clausura se han vuelto más frecuentes, ha habido tendencia en muchos países a formular reglas nacionales o directrices específicas. El marco regulador de un país incluirá requisitos para la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear (Ref. [2], párr. 3.4). A falta de requisitos reguladores específicos, las actividades de clausura podrían llevarse a cabo caso por caso en el marco de las reglas existentes para las instalaciones operacionales. En tales casos, hay que pensar en consultas más frecuentes entre la entidad explotadora y el órgano regulador.

2.11. El control regulador de la clausura puede llevarse a cabo por medio de una sola licencia global, licencias separadas o la supervisión directa de un órgano regulador. Hay que examinar qué disposición es la que resulta más adecuada en función de las circunstancias. En ciertos casos puede ser útil aprobar el plan de clausura expidiendo una nueva licencia o enmendando la licencia existente, o bien controlar el trabajo detallado de la clausura por medio de la presencia local del órgano regulador.

2.12. El órgano regulador tiene que formular las reglas o directrices necesarias para llevar a la práctica la política y la estrategia de clausura (Ref. [2], párr. 3.7), sin olvidar la determinación de criterios radiológicos para la liberación de materiales, edificios y emplazamientos del control regulador, y garantizar que se

cuenta con sistemas adecuados para gestionar debidamente la supresión de los controles (Ref. [2], párr. 3.8). Asimismo el órgano regulador:

- a) Debe examinar la opción de clausura elegida, los planes de clausura, los programas de garantía de calidad y otras propuestas relativas a la realización de la clausura de una instalación nuclear por lo que respecta a la seguridad radiológica, nuclear y convencional;
- b) Debe ponerse en contacto con otros órganos reguladores que tengan responsabilidades en materia de riesgos no radiológicos.

SEGURIDAD TECNOLÓGICA

2.13. En todas las fases de la clausura, los trabajadores, el público y el medio ambiente han de estar adecuadamente protegidos tanto de los riesgos radiológicos como no radiológicos resultantes de las actividades de clausura (Ref. [2], párr. 2.2). La entidad explotadora (titular de la licencia) tiene que preparar una evaluación minuciosa de esos riesgos, comprendido un análisis de accidentes en caso necesario. En la Sección 5 de esta Guía de Seguridad se expone el contenido de una evaluación de la seguridad. La evaluación ha de identificar medidas protectoras, que pueden ser distintas de las aplicadas durante la explotación de la instalación.

2.14. La clausura de instalaciones nucleares implica con frecuencia la retirada, en una fase temprana, de grandes cantidades de material radiactivo, comprendidos el material residual del proceso y los desechos operacionales. Incluso después de esta medida, la cantidad total de contaminación restante en el interior de la instalación puede seguir siendo significativa y debe tomarse en cuenta en la evaluación de la seguridad.

2.15. Se debe prestar una minuciosa consideración en relación con la seguridad de los trabajadores a la ejecución de determinadas actividades como la descontaminación, el corte y la manipulación de grandes componentes, y el desmantelamiento o la retirada progresivos de algunos sistemas de seguridad existentes. Estas actividades entrañan un potencial de creación de nuevos riesgos. Hay que evaluar y gestionar adecuadamente en la clausura los aspectos relacionados con la seguridad de estas actividades con objeto de atenuar toda posible exposición.

2.16. Las cuestiones especiales relativas a la seguridad que deben tenerse en cuenta en la clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear pueden ser:

- a) La presencia y la índole de todos los tipos de contaminación radiactiva y, en particular, la contaminación alfa;
- b) Los niveles significativamente más altos de radiación en algunas instalaciones, que obligan a tener en cuenta la posibilidad de manipulación a distancia;
- c) Los mayores riesgos asociados con el posible aumento de radionucleidos (como el americio);
- d) El potencial en algunas instalaciones de riesgos críticos asociados a la posible acumulación de material fisible durante las actividades destinadas a la descontaminación o el desmantelamiento;
- e) La complejidad de las estrategias de gestión de desechos a causa de la diversidad de corrientes de desechos;
- f) Los riesgos, como incendio o explosión, relacionados con las actividades originales de procesamiento químico.

CONSIDERACIONES PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

2.17. Hay que tener en cuenta tanto la protección de los trabajadores como de los miembros del público con respecto a la exposición, no solo durante la clausura, sino también como consecuencia de toda ocupación o utilización ulteriores del emplazamiento clausurado. “Se establecerán requisitos nacionales de protección radiológica sobre la base de las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS) [3]” (Ref. [2], párr. 2.4).

2.18. Durante la clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, pueden escapar al medio ambiente contaminantes radiactivos y no radiactivos. Esos escapes se controlarán de conformidad con los correspondientes reglamentos nacionales (Ref. [3], párr. III.3). En las Normas de seguridad del OIEA [8] se han publicado también directrices sobre el control regulador del escape de efluentes radiactivos al medio ambiente.

2.19. En otras publicaciones de la Colección de Normas de seguridad del OIEA se están formulando directrices sobre los criterios radiológicos para la supresión del control regulador de los materiales, el equipo y los emplazamientos.

GESTIÓN DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS

2.20. La clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear implica invariablemente la producción de desechos radiactivos. A lo largo de la clausura, se generan desechos en formas que no son características de los tipos de materiales y desechos que se manipulan rutinariamente durante la fase operacional de la instalación. Deben aplicarse técnicas apropiadas para la descontaminación y el desmantelamiento, y los materiales deben reutilizarse o reciclarse para reducir al mínimo la cantidad de desechos radiactivos por gestionar. Hay que asegurarse de que se cuenta con sistemas e instalaciones para gestionar los desechos producidos durante la clausura, comprendidas instalaciones de almacenamiento y/o disposición final.

3. SELECCIÓN DE UNA OPCIÓN DE CLAUSURA

3.1. Una opción concreta de clausura definirá, entre otras capacidades, el calendario y la secuenciación de las actividades de clausura. La opción seleccionada debe justificarse desarrollando el plan de clausura de conformidad con los requisitos de seguridad especificados por el órgano regulador. Existen tres opciones primarias de clausura que deben tenerse en cuenta al planificar un proyecto de clausura de una instalación del ciclo del combustible nuclear: el desmantelamiento inmediato, el desmantelamiento aplazado y el enterramiento. Otras opciones que cabe considerar son combinaciones o variaciones de estas tres opciones. Hay que efectuar una evaluación de las diversas opciones de clausura teniendo presente una gran diversidad de cuestiones como las que se enumeran en el párr. 3.3, con especial atención a las obligaciones impuestas por los requisitos de seguridad y los recursos disponibles en el momento de la clausura.

3.2. Las características específicas de cada tipo de instalación del ciclo del combustible nuclear influirán en gran medida en la elección de la opción de clausura. Además, también deben considerarse asuntos que no guardan relación con la seguridad (como el reciclado de material frente a la disposición final) en el proceso de selección de una opción. Donde corresponda, también deben tenerse en cuenta cuestiones relacionadas con las salvaguardias, para optimizar tanto la seguridad tecnológica como los recursos en el proceso de adopción de decisiones con miras a una estrategia óptima de clausura. La diversidad de tipos de instalaciones del ciclo del combustible nuclear hace que la caracterización del emplazamiento y la instalación sea un paso decisivo en el proceso de selección de

una opción de clausura, ya que la caracterización define el alcance del proyecto propuesto.

3.3. Al seleccionar una opción para la clausura de una instalación del ciclo del combustible nuclear se deben tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- a) La jerarquía de las leyes, los reglamentos y las normas que habrá que aplicar durante la clausura;
- b) Los criterios radiológicos que servirán de base para privar al material del control regulador;
- c) Los tipos de procesos usados durante el período operacional (extracción de solventes, intercambio iónico, lixiviación química);
- d) El tamaño, la configuración y el estado de la instalación;
- e) La disponibilidad y fiabilidad de la información sobre el diseño y el historial del funcionamiento de la instalación;
- f) La diversidad de estructuras, sistemas y componentes utilizados en la fase operacional (incineradores, evaporadores, mezcladores de polvo, cajas con guantes, celdas calientes), así como su accesibilidad;
- g) Los tipos de riesgos radiológicos y no radiológicos;
- h) Los tipos, los niveles y las cantidades de radionucleidos presentes;
- i) Todos los escapes o vertidos que puedan influir en la clausura;
- j) Las opiniones del órgano regulador sobre la actividad específica de clausura;
- k) El potencial de criticidad inadvertida;
- l) Toda característica de apoyo secundaria (balsas, zonas de depósito);
- m) La disponibilidad de técnicas y tecnologías apropiadas para la descontaminación y el desmantelamiento;
- n) La disponibilidad de personal adecuadamente formado, con las aptitudes y la experiencia correspondientes en materia de seguridad;
- o) El potencial de utilización de las estructuras, los sistemas y los componentes existentes en la instalación en las actividades de clausura (ventilación, tratamiento de desechos, grúas, barreras);
- p) La existencia de opciones para la disposición final de los desechos o su almacenamiento y de medios de transporte;
- q) La capacidad de ensayar y caracterizar los desechos;
- r) La suficiencia y disponibilidad de los recursos financieros;
- s) El efecto potencial en otras instalaciones, actividades sin relación y el público de la zona circunvecina;
- t) Cualquier apremio de tiempo para la clausura;
- u) La opinión y las inquietudes del público;
- v) La posible utilización de los edificios y del emplazamiento con otros fines.

3.4. Con respecto a la gestión de los desechos producidos, si no se han identificado emplazamientos adecuados para la disposición final, deben evaluarse las siguientes opciones para la clausura al preparar el plan de ésta:

- a) Optimizar el tratamiento y las estrategias de acondicionamiento (reducción del riesgo y/o el volumen de los desechos);
- b) Desmantelar la instalación y almacenar los desechos producidos en una instalación provisional de almacenamiento de desechos;
- c) Aplazar el desmantelamiento;
- d) Realizar la disposición final de la instalación in situ (enterramiento) y solicitar la conversión y la concesión de una nueva licencia para utilizar la instalación como repositorio de desechos radiactivos.

3.5. La selección de la opción preferida para efectuar la clausura debe basarse en la consideración de las cuestiones enumeradas en el párr. 3.3. El análisis de la relación costo-beneficio o de tipo multiatributivo es un medio sistemático de realizar esa evaluación. En este análisis se deben emplear estimaciones realistas tanto de los costos como de las dosis de radiación. También deben tenerse en cuenta los costos de mantenimiento, vigilancia y protección física de la instalación nuclear, en particular si se piensa en un aplazamiento del desmantelamiento. Es preciso asegurarse de que la opción seleccionada cumple todos los requisitos de seguridad aplicables (Ref. [1], principio 9).

3.6. El aplazamiento de las actividades de clausura puede no reducir significativamente la actividad de los radionucleidos restantes, las cantidades de desechos radiactivos producidos o la exposición a la radiación del personal del emplazamiento. Esto se debe a las vidas medias relativamente prolongadas de los radionucleidos implicados y, en algunos casos (como el americio), al potencial de crecimiento isotópico. Otras desventajas de aplazar las actividades de clausura son el deterioro gradual de las estructuras, los sistemas y los componentes concebidos para que actúen como barreras entre el inventario de radionucleidos y el medio ambiente, y la pérdida de experiencia del personal de explotación. El deterioro puede afectar también a sistemas que podrían utilizarse durante el desmantelamiento de la instalación. Al llevar a cabo un desmantelamiento aplazado, debe tenerse en cuenta si hay que instalar estructuras y sistemas nuevos o si hay que modificar las estructuras y los sistemas existentes. Se debe evaluar a lo largo de todo el período de vigilancia y mantenimiento la integridad de todos los sistemas y estructuras nuevos.

3.7. En la mayoría de los casos, el enterramiento no se considera una opción razonable para la clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear que

estén contaminadas por radionucleidos alfa de vida larga. El enterramiento implica que la mayor parte del material radiactivo permanecerá emplazada permanentemente en una estructura especial cerca de la superficie. El OIEA ha recomendado que la disposición final de los desechos que contengan cantidades importantes de esos radionucleidos no se lleve a cabo en instalaciones próximas a la superficie [7, 9].

4. FACILIDADES PARA LA CLAUSURA

INTRODUCCIÓN

4.1. Los requisitos para la clausura deben tenerse en cuenta en la fase de diseño de una nueva instalación (Ref. [2], párr. 6.2) o bien tienen que considerarse lo antes posible en el caso de las instalaciones ya existentes. Cuanto más se tarde en la vida de la instalación en prestar atención a facilitar la clausura, más difícil y onerosa puede resultar ésta. Ello puede deberse a la falta de documentos e información suficientes, a la necesidad de instalar o modificar equipo o a la mayor complejidad de las actividades de clausura. También puede ser imputable a la necesidad de incurrir en dosis adicionales debido a aspectos del diseño que compliquen las actividades de clausura.

CONSIDERACIONES EN LA FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.2. La clausura debe tenerse en cuenta en las fases de diseño, construcción y funcionamiento (Ref. [2], párr. 6.2). Sin embargo, numerosas instalaciones del ciclo del combustible nuclear han estado funcionando muchos años y la clausura puede no haberse contemplado en la fase de diseño. Este hecho debe reconocerse en la planificación de la clausura de esas instalaciones, y los preparativos deben iniciarse lo antes posible. En el caso de esas instalaciones, las modificaciones de edificios y sistemas han de incorporar características que faciliten la clausura, aumenten la protección contra la radiación y reduzcan al mínimo las repercusiones medioambientales.

4.3. Las características del diseño que deben tenerse en cuenta para facilitar la clausura son:

- a) Capacidades de mantenimiento y supervisión remotos;
- b) Compartimentación de las funciones del proceso;
- c) Coberturas de protección y revestimientos estancos en las celdas del proceso y zonas en las que pueda haber líquidos presentes;
- d) Recurso limitado al almacenamiento de desechos líquidos muy radiactivos;
- e) Fácil acceso al equipo, las estructuras, los sistemas y los componentes del proceso;
- f) Facilidad de retirada y/o descontaminación de material o equipo;
- g) Mecanismos de descontaminación incorporados;
- h) Posibilidad de procesos para reducir los volúmenes de desechos;
- i) Configuración, calibrado y disposición del equipo del proceso;
- j) Recuperabilidad de los desechos operacionales o almacenados temporalmente;
- k) Equipo de levante y manipulación;
- l) Sistemas de ventilación y efluentes;
- m) Construcción modular para facilitar el desmantelamiento de estructuras, sistemas, equipo y componentes no sometidos a una pronta descontaminación (como la de los componentes mecánicos y eléctricos que se separan con facilidad).

4.4. Para las instalaciones nuevas del ciclo de combustible, se debe realizar una caracterización radiológica de 'línea de base' o de fondo del emplazamiento y de la propia instalación. Ésta debe incluir la apropiada supervisión radiológica del emplazamiento de la instalación propuesta y la zona circundante con objeto de establecer niveles de línea de base de la radiación para utilizarlos en la evaluación de las futuras repercusiones de la instalación en el emplazamiento. Este elemento puede ser crítico para las futuras decisiones sobre la aceptabilidad de las propuestas de clausura. La cuantificación de la actividad natural en los materiales de construcción utilizados para ésta puede resultar útil para determinar los futuros niveles de eliminación y los niveles buscados de limpieza en la instalación durante la clausura.

CONSIDERACIONES DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.5. La planificación y los preparativos realizados a lo largo de todo el período de vida de la instalación pueden facilitar la clausura. Esta labor debe orientarse a reducir al mínimo las eventuales repercusiones ocupacionales y ambientales de las actividades de clausura.

4.6. Se deben conservar como un factor importante para facilitar la clausura los planos de construcción y el saber institucional del período operacional de la instalación. El grado de éxito en la conservación de personal experimentado y documentos del período operacional tendrá una influencia directa en el avance de la clausura. El aplazamiento de ésta elevará el potencial de pérdida de personal e información clave.

5. PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA PARA LA CLAUSURA

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. El éxito de la clausura depende de una planificación minuciosa y organizada. “Se elaborará un plan de clausura para cada instalación nuclear, a menos que el órgano regulador indique lo contrario” (Ref. [2], párr. 6.2). La amplitud del plan, su contenido y el grado de detalle necesario pueden variar dependiendo de la complejidad y el potencial de riesgo de la instalación nuclear, y tendrán que ser coherentes con los reglamentos nacionales.

5.2. La entidad explotadora preverá recursos financieros suficientes para asegurar la clausura de la instalación (Ref. [2], párr. 3.17). Especialmente en el caso de una clausura aplazada, donde pueden producirse largos períodos de encerramiento seguro, esas disposiciones financieras deberán revisarse periódicamente y ajustarse cuando sea necesario para tener en cuenta la inflación y otros factores como los avances tecnológicos, los costos de los desechos y los cambios de la reglamentación. La responsabilidad de esa revisión debe recaer en la entidad explotadora, el órgano regulador u otras partes, según el marco jurídico nacional.

5.3. Una evaluación de la seguridad debe formar parte integrante del plan de clausura. La entidad explotadora es responsable de la preparación de la evaluación de la seguridad y de someterla al examen del órgano regulador (Ref. [2], párr. 7.3). La evaluación de la seguridad ha de ser proporcional a la complejidad y el riesgo potencial de la instalación y, en caso de aplazamiento de la clausura, debe tener en cuenta la seguridad tecnológica de la instalación durante el período que culmine en el desmantelamiento final.

5.4. Las tres fases de la planificación que se contemplan son la inicial, en marcha y final. Para una instalación determinada, el grado de detalle aumentará del plan inicial al plan final de clausura. Este proceso de planificación dará lugar a la producción del plan de clausura.

5.5. Los documentos correspondientes a la elección del emplazamiento, el diseño, la construcción, la explotación y la parada son fundamentales para la planificación de la clausura. Aunque esos documentos no tienen por qué figurar explícitamente en el plan mismo de clausura, el proceso de planificación inicial, en marcha y final debe utilizar los documentos pertinentes con miras a la seguridad tecnológica y a optimizar la eficiencia en la clausura.

PLANIFICACIÓN INICIAL

5.6. Habrá que preparar un plan inicial de clausura en el que se indiquen los procesos generales de ésta (Ref. [2], párr. 3.13). La entidad explotadora deberá presentar dicho plan al órgano regulador en apoyo de la solicitud de licencia para poner en servicio y/o explotar la instalación. Ese plan:

- a) Ha de tomar en cuenta las cuestiones básicas de seguridad;
- b) Debe apoyar el hecho de que la clausura pueda llevarse a cabo de modo seguro utilizando técnicas probadas o que se estén experimentando;
- c) Debe comprender un estudio genérico que demuestre la viabilidad de la clausura;
- d) Ha de incluir una consideración de los aspectos ambientales de la clausura, como la gestión de los desechos y los efluentes radiactivos;
- e) Debe tratar los costos de la labor de clausura y los medios de financiarla.

5.7. Las instalaciones y el equipo existentes que se usen durante la clausura deben identificarse en una etapa temprana de la fase de planificación inicial, lo que permitirá adoptar las medidas necesarias para garantizar que el equipo esté disponible cuando se precise.

5.8. Si la instalación se encuentra situada junto con otras instalaciones que no van a ser clausuradas al mismo tiempo, deben analizarse las interfaces entre esas instalaciones. En muchos casos, los sistemas de apoyo (procesamiento de desechos, agua bruta, ventilación) pueden apoyar todas las instalaciones del emplazamiento y pueden orientarse a través de la instalación que se va a clausurar. Esto complicaría la planificación debido a la posible necesidad de reorientar esos sistemas.

PLANIFICACIÓN EN CURSO

5.9. Durante el funcionamiento de una instalación del ciclo del combustible nuclear, el plan inicial de clausura deberá revisarse y actualizarse periódicamente (Ref. [2], párr. 6.3), debiendo cobrar más amplitud con respecto a:

- a) Novedades tecnológicas en la clausura;
- b) Posibles acontecimientos anormales;
- c) Modificaciones importantes de los sistemas y las estructuras que afecten al plan de clausura;
- d) Modificaciones de los reglamentos y cambios de la política gubernamental;
- e) Estimaciones de costos y disposiciones financieras.

PLANIFICACIÓN FINAL

5.10. Antes de la parada final de una instalación, la entidad explotadora ha de iniciar estudios detallados y finalizar propuestas para la clausura. La entidad explotadora presentará una solicitud junto con el plan final de clausura propuesto para su examen y aprobación por el órgano regulador (Ref. [2], párr. 6.5).

5.11. Una vez iniciada la clausura, puede haber modificaciones en el programa de ésta debido a hechos inesperados u otros factores, que pueden requerir cambios en el plan de clausura, los cuales deben incorporarse sistemáticamente. Estos cambios pueden necesitar una nueva aprobación del órgano regulador.

5.12. El plan final de clausura debe incluir, según corresponda, los elementos siguientes:

- a) Una descripción de la instalación del ciclo del combustible nuclear, su emplazamiento y la zona circundante, que podrían afectar y ser afectados por la clausura;
- b) El historial de la vida de la instalación, las razones para ponerla fuera de servicio y el uso previsto del emplazamiento durante y después de la clausura;
- c) Información sobre incidentes que hayan ocurrido durante la fase operacional, en particular aquéllos en los que se produjeran vertidos y escape de material radiactivo;
- d) Pormenores de las modificaciones significativas que se hayan introducido durante la fase operacional;

- e) Una evaluación de la cantidad, el tipo y la ubicación de materiales residuales radiactivos y no radiactivos peligrosos presentes en la instalación, comprendidos los métodos de cálculo y las mediciones para determinar los inventarios (esto es, la caracterización de la instalación);
- f) Una descripción del marco regulador dentro del cual se llevará a cabo la clausura;
- g) Una descripción de las actividades de clausura propuestas y el programa, comprendido un plan detallado;
- h) La justificación de la elección de la opción de clausura preferida;
- i) Descripciones de las evaluaciones de la seguridad tecnológica y las evaluaciones de los efectos medioambientales, comprendidos los riesgos potenciales radiológicos y no radiológicos para los trabajadores, el público y el medio ambiente;
- j) Una descripción del programa propuesto de supervisión medioambiental que se aplicará durante la clausura;
- k) Una descripción de la experiencia, los recursos y las responsabilidades de la organización encargada de la clausura, comprendidos pormenores sobre las calificaciones, las habilidades y la capacitación del personal de clausura;
- l) Una declaración de la disponibilidad de toda técnica específica de gestión, ingeniería y clausura;
- m) Una descripción de la estrategia propuesta para la gestión de los desechos;
- n) Una descripción de los programas propuestos para la protección contra la radiación y la seguridad tecnológica que se aplicarán durante la clausura;
- o) Una descripción del programa de control de criticidad, en caso necesario;
- p) Una descripción del programa de garantía de calidad;
- q) Una descripción del programa, el equipo y los métodos de medición que se emplearán para verificar que el emplazamiento cumple los requisitos de suspensión del control;
- r) Una demostración de la suficiencia del mecanismo financiero que garantice que la clausura, comprendida la gestión de los desechos, se llevará a cabo de manera segura;
- s) Una descripción de los controles organizativos y administrativos;
- t) Una descripción de otras consideraciones importantes técnicas y administrativas aplicables, como salvaguardias, disposiciones en materia de protección física y detalles de la preparación para emergencias.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD TECNOLÓGICA PARA LA CLAUSURA

5.13. Una evaluación de la seguridad tecnológica forma parte integrante del plan de clausura. La entidad explotadora es responsable de la preparación de la evaluación de la seguridad y de someterla al examen del órgano regulador. La extensión y el detalle de la evaluación de la seguridad “serán compatibles con la complejidad y los peligros asociados a la instalación o la explotación” (Ref. [2], párr. 7.4).

5.14. En la evaluación de la seguridad deben identificarse y evaluarse tanto los riesgos no radiológicos como los riesgos radiológicos asociados con las actividades de clausura. Como consecuencia de esa evaluación, se pueden definir medidas de protección que garanticen el cumplimiento de los requisitos reglamentarios. Esas medidas de protección pueden exigir cambios en los sistemas de seguridad existentes que se empleaban durante el funcionamiento. La aceptabilidad de esos cambios ha de justificarse con claridad en la evaluación de la seguridad. Además, deben considerarse en ésta los requisitos del mantenimiento o la sustitución de sistemas para la manipulación mecánica, la ventilación, el suministro de energía eléctrica y la manipulación de los desechos, y es preciso evaluar las implicaciones de una disminución de la seguridad imputable al deterioro de los sistemas.

5.15. Al comienzo de la fase de planificación de la clausura, hay que determinar con claridad, caracterizar, evaluar y clasificar el grado y la extensión de la contaminación. Deben realizarse estudios para determinar los inventarios y las ubicaciones de los materiales radiactivos, fisibles y otros materiales peligrosos. Una caracterización precisa de la instalación proporcionará la información para la evaluación de la seguridad y el análisis de la criticidad (párrs. 6.1–6.4).

La seguridad en relación con los riesgos no radiológicos

5.16. La evaluación de la seguridad puede identificar una serie de riesgos no radiológicos potencialmente significativos durante la fase de clausura que podrían no haberse producido normalmente durante la fase operacional. Entre éstos pueden figurar el levantamiento y la manipulación de cargas pesadas, y el empleo de materiales peligrosos durante las actividades de descontaminación, desmantelamiento y demolición. Aunque el método para abordar la mayoría de los riesgos no radiológicos debe gestionarse de conformidad con los reglamentos nacionales, una cultura sólida de la seguridad contribuirá a garantizar la identificación y el control adecuado de esos riesgos.

Resultados generales de la evaluación de la seguridad

5.17. La evaluación de la seguridad debe culminar en la determinación de las acciones que son necesarias para garantizar la seguridad durante las diversas fases de la clausura. Esas acciones pueden ser medidas protectoras que estén técnica o administrativamente controladas para proporcionar la necesaria defensa en profundidad. Los elementos de la defensa en profundidad variarán y evolucionarán a medida que se hagan avances en la clausura de la instalación.

Suspensión del control regulador

5.18. Los criterios radiológicos para privar a la instalación y el emplazamiento del control regulador pueden definirse de manera genérica o pueden ser deducidos específicamente por las autoridades competentes. Como consecuencia de la evaluación de la seguridad, se determinarán para incluirlas en el plan de clausura las medidas que deban adoptarse para cumplir los criterios reguladores.

GARANTÍA FINANCIERA PARA LA CLAUSURA

5.19. El costo de la clausura debe recoger todas las actividades descritas en el plan correspondiente, por ejemplo, la planificación y la ingeniería durante las fases postoperacionales, el desarrollo de una tecnología específica, la descontaminación y el desmantelamiento, la realización del examen final y la gestión de los desechos. Deben tomarse en cuenta el costo del mantenimiento, la calificación del personal, la vigilancia y la protección física de la instalación, sobre todo si se aplaza por un período de tiempo prolongado cualquier fase de la clausura.

5.20. Con objeto de proporcionar la seguridad necesaria de que se dispondrá de recursos para mantener la protección radiológica y ambiental durante la clausura, se deben tomar disposiciones para la asignación de los mismos al principio de la planificación. Según el marco jurídico, ese mecanismo debe establecerse antes de la operación para garantizar los fondos necesarios para la clausura. El mecanismo ha de ser suficientemente sólido para hacer frente a las necesidades de la clausura en caso de parada prematura de la instalación. Independientemente del tipo de mecanismo financiero utilizado, se debe hacer, por si fuera necesaria, una provisión para una clausura prematura.

5.21. Para las instalaciones existentes del ciclo del combustible que carecen de un mecanismo de garantía financiera para la clausura, ese mecanismo debe establecerse sin demora.

6. TAREAS CRÍTICAS DE LA CLAUSURA

CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

6.1. Se debe efectuar un estudio de los riesgos radiológicos y no radiológicos como aportación importante a la evaluación de la seguridad para la clausura y para aplicar un enfoque seguro durante el trabajo. El estudio debe llevarse a cabo para identificar el inventario y la ubicación de los materiales radiactivos y otros materiales peligrosos. Al planificar y realizar los estudios, se debe hacer uso de los documentos existentes y de la experiencia de funcionamiento. Se debe preparar un informe de caracterización que documente la información y los datos obtenidos durante el proceso de caracterización.

6.2. Debe realizarse un número suficiente de estudios de radiación y contaminación para determinar las tasas de dosis máximas y medias de radionucleidos, y los niveles de contaminación de las superficies interiores y exteriores en toda la instalación. En aras de la exhaustividad, debe caracterizarse la contaminación en los componentes protegidos o autoprottegidos, como el interior de las tuberías y el equipo. Los resultados de esos estudios servirán para preparar mapas de la radiación y la contaminación. Puede haber algunos resultados y mapas de este tipo procedentes de auditorías realizadas durante el período operacional de la instalación. Además, como ayuda para elegir los procedimientos adecuados, puede ser necesario llevar a cabo estudios especiales para determinar la profundidad de la penetración y la extensión de la contaminación.

6.3. Hay que hacer un inventario de todos los productos químicos que se encuentren en la instalación. Los materiales peligrosos como el amianto, el mercurio y los bifenilos policlorados (PCBs) requieren especial consideración para impedir que resulten nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Asimismo hay que tener en cuenta la compatibilidad de los productos químicos que se encuentren presentes o que se puedan introducir durante la clausura. En el caso de las instalaciones que han permanecido inactivas durante mucho tiempo

antes de que empiecen la clausura o el desmantelamiento, es preciso efectuar un estudio del equipo y los edificios para evaluar los riesgos asociados al deterioro de las estructuras y los sistemas.

6.4. Se debe prestar especial atención durante la caracterización de todo el material fisible que pueda quedar en la central. La incertidumbre sobre las cantidades de material fisible podría tener graves consecuencias si las evaluaciones de la criticidad son incompletas o erróneas.

RETIRADA DEL MATERIAL RESIDUAL DEL PROCESO

6.5. En el momento de la parada puede haber cantidades significativas de material residual del proceso tanto en ubicaciones previstas como imprevistas. Este material, que puede consistir en combustible nuclear gastado, nuevo combustible, uranio enriquecido, plutonio o desechos de actividad alta, puede originar riesgos al verse alterado por las operaciones de clausura. La retirada de ese material puede considerarse parte de la parada de la instalación o parte de la clausura. En uno y otro caso, hay que facilitar la información correspondiente sobre la disposición del material.

6.6. Incluso una vez retirado el grueso del material residual del proceso, puede quedar una cantidad significativa de contaminación radiactiva. Se debe considerar la retirada expedita del material residual del proceso, que resultaría beneficiosa y reduciría las necesidades de control y vigilancia. Al mismo tiempo que la retirada del material residual del proceso, pueden llevarse a cabo otras actividades relacionadas con la clausura, pero hay que identificar y evaluar las posibles interacciones.

DESCONTAMINACIÓN

6.7. La descontaminación cubre una amplia gama de actividades orientadas a la eliminación o reducción de la contaminación radiactiva en el interior de los materiales, las estructuras y el equipo o sobre ellos. Al desmantelamiento puede contribuir en ciertas fases la reducción de la necesidad de controles radiológicos por medio de la descontaminación parcial o total de las estructuras o los sistemas que es preciso desmantelar. Los objetivos de la descontaminación comprenden:

- a) La reducción, en el emplazamiento y fuera de él, de los riesgos radiológicos potenciales asociados a la prosecución de las actividades de clausura;

- b) Una reducción de la exposición que permita el desmantelamiento manual o semirremoto;
- c) La reclasificación de los desechos en una categoría menos peligrosa;
- d) La reducción del volumen de los desechos para la disposición final;
- e) La recuperación de equipo, materiales o locales, comprendida la dispensa para un uso sin restricciones;
- f) La reducción del costo general de la clausura.

6.8. Antes de elegir una técnica de descontaminación, se debe proceder a una evaluación de su eficacia y de su potencial de reducción de la exposición total. Es preciso evaluar la compatibilidad de los sistemas y las estructuras relacionados con la seguridad tecnológica con las soluciones y los procedimientos que puedan aplicarse durante la descontaminación para garantizar que no se deterioren y pierdan su eficacia. Esta evaluación debe comprender:

- a) Las dosis probables de radiación implicadas;
- b) El factor de descontaminación que es probable conseguir;
- c) Un análisis de la relación costo-beneficio en el que se comparen las ventajas radiológicas y las ventajas de la gestión de desechos de la actividad de descontaminación con los costos previstos;
- d) La probabilidad de que las técnicas disponibles permitan alcanzar el factor de descontaminación buscado para los elementos concretos de interés;
- e) La capacidad de demostrar mediante medición que se ha alcanzado el factor de descontaminación buscado;
- f) Una evaluación del efecto potencial en los trabajadores y en el medio ambiente;
- g) Evaluaciones de los desechos primarios y secundarios procedentes de la descontaminación, comprendidos sus volúmenes de tratamiento, índole y actividad.

6.9. Es menester tener en cuenta la compatibilidad de los desechos con los sistemas existentes de tratamiento, acondicionamiento y disposición final. En cualquier caso, antes de que se produzcan desechos, hay que contar con las medidas adecuadas para su disposición final o su almacenamiento.

DESMANTELAMIENTO

6.10. Existen numerosas opciones para el desmantelamiento, y su elección depende de los tipos y las características (tamaño, forma y accesibilidad) del equipo y las estructuras por desmantelar. Debe analizarse cada una de las tareas

de desmantelamiento para determinar el método más efectivo y seguro de llevarla a cabo. Algunas consideraciones son las siguientes:

- a) El equipo de desmantelamiento que se emplee ha de ser fiable y de manejo, descontaminación y mantenimiento fáciles.
- b) Se debe disponer de métodos efectivos para controlar los radionucleidos aerotransportados.
- c) Hay que evaluar los efectos de cada tarea de desmantelamiento en los sistemas y las estructuras adyacentes y en otras obras en curso.
- d) Se debe disponer de métodos efectivos para controlar materiales peligrosos que no sean materiales radiológicos.
- e) Los contenedores de desechos, así como los sistemas de manipulación y los trayectos para el desplazamiento asociados, deben designarse antes de que se inicien las obras de desmantelamiento.
- f) Deben determinarse las necesidades en materia de capacitación de la entidad explotadora.
- g) Se debe evaluar el tiempo necesario para llevar a cabo la tarea de desmantelamiento.

6.11. Siempre que sea posible, el material retirado durante las actividades de desmantelamiento se debe colocar en un contenedor de disposición final. Se impide así la doble manipulación de los desechos, que puede originar un aumento de las dosis y una posible dispersión de la contaminación. Esto, sin embargo, puede no resultar posible si es necesario acondicionar los desechos.

6.12. Durante las actividades de desmantelamiento se pueden necesitar herramientas y aparatos especiales. En tales casos, esas herramientas y dispositivos, junto con las técnicas para su funcionamiento y mantenimiento, deben ensayarse en condiciones simuladas antes de su empleo. El mantenimiento y la comprobación periódica de esas herramientas y dispositivos deben estar incluidos en la estrategia correspondiente de diseño y despliegue.

6.13. Se pueden utilizar maquetas informatizadas y físicas para planificar las labores de desmantelamiento, evaluar opciones, contribuir al diseño del instrumental y capacitar al personal.

DEMOLICIÓN

6.14. En muchos casos, las actividades de descontaminación y desmantelamiento están destinadas a convertir la demolición del edificio en una actividad no

radiológica. Cuando la demolición de estructuras implique material con contaminación radiactiva, se deben aplicar las consideraciones de seguridad tecnológica antes expuestas para las actividades de clausura. Hay que tomar medidas durante la demolición para asegurarse de que el material contaminado se aparta del material no contaminado.

VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO

6.15. Si las actividades de descontaminación y desmantelamiento se aplazan parcial o totalmente por cualquier motivo, es necesario “garantizar una clara e inequívoca asignación de las responsabilidades en materia de seguridad durante todo el proceso de gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos” (Ref. [2], párr. 3.2). La seguridad ha de garantizarse mediante un programa adecuado de vigilancia y mantenimiento. Cuando se entierra una instalación, puede seguir siendo necesario un programa reducido de vigilancia y mantenimiento.

6.16. Antes de poner a una instalación en modo de vigilancia y mantenimiento, debe reducirse al mínimo el riesgo de incidentes potenciales; por ejemplo, es preciso retirar los materiales radiactivos aglomerados del proceso y los desechos operacionales. Hay que prestar atención a eliminar, contener o inmovilizar toda contaminación dispersa restante, cuando sea factible.

6.17. Durante esta fase se pueden seguir realizando las siguientes actividades:

- a) Mantenimiento de sistemas apropiados de protección física acordes con el riesgo incurrido;
- b) Supervisión, vigilancia e inspección adecuadas al nivel de riesgo;
- c) Mantenimiento de equipo esencial, como el equipo de ventilación, manipulación mecánica y control;
- d) Mantenimiento de la instalación y las barreras y/o la estructura de contención;
- e) Mantenimiento de documentación sobre las actividades de vigilancia y mantenimiento llevadas a cabo;
- f) Mantenimiento de un mecanismo financiero que garantice la disponibilidad de fondos para la clausura cuando sea necesario.

ESTUDIO RADIOLÓGICO FINAL

6.18. Al término de las actividades de descontaminación y desmantelamiento, hay que efectuar un estudio radiológico de la instalación para demostrar que la actividad residual es aceptablemente baja y conforme a los criterios establecidos por el órgano regulador, y que se han alcanzado los objetivos de la clausura (Ref. [2], párr. 6.11). El diseño y la ejecución del estudio deben debatirse con el órgano regulador durante el período de planificación de dicho estudio, que puede realizarse en fases, una vez terminada la labor de clausura, para permitir que se suspenda el control regulador de partes de la facilidad o el emplazamiento.

6.19. El órgano regulador ha de establecer los criterios en términos de cantidades mensurables que puedan compararse fácilmente con las mediciones sobre el terreno. Los radionucleidos presentes influirán en los métodos adoptados. El muestreo de la contaminación química podría combinarse con el estudio radiológico.

6.20. Los datos del estudio tienen que documentarse en un informe final y ser sometidos al órgano regulador. El informe ha de incluir:

- a) Los criterios aplicados;
- b) Los métodos y procedimientos seguidos para verificar el cumplimiento de los criterios;
- c) Los datos de la medición, comprendido el análisis estadístico adecuado.

6.21. Los resultados del estudio figurarán en el informe final de clausura (Ref. [2], párr. 6.13). Dicho informe adoptará una forma que permita que resulte accesible al gran público. En el Anexo se ofrece un ejemplo del contenido de un estudio radiológico final de este tipo correspondiente a una instalación del ciclo del combustible nuclear.

7. GESTIÓN DURANTE LA CLAUSURA

PERSONAL Y CAPACITACIÓN

7.1. Es necesario constituir un equipo de especialistas de la clausura y personal apropiado del emplazamiento para gestionar el proceso de clausura. Aunque

puedan ser necesarias nuevas competencias para la fase de clausura, sería beneficioso para el proyecto conservar personal clave familiarizado con la instalación durante su fase operacional.

7.2. La entidad explotadora ha de contar con personal competente suficiente, o tener acceso a él, para cubrir los siguientes ámbitos:

- a) Protección contra la radiación;
- b) Descontaminación;
- c) Robótica y manipulación a distancia;
- d) Apoyo técnico (física, ingeniería de instrumentación y química, civil, eléctrica y mecánica);
- e) Desmantelamiento y demolición;
- f) Garantía de calidad y control de calidad;
- g) Seguridad de criticidad;
- h) Evaluación de la seguridad tecnológica y evaluación del riesgo;
- i) Gestión de los desechos;
- j) Gestión del proyecto y control financiero y/o del costo;
- k) Protección física;
- l) Información pública.

7.3. En algunos casos, los contratantes o el personal de instalaciones similares pueden servir para llevar a cabo todos o algunos aspectos de la clausura. La entidad explotadora tiene que garantizar un control suficiente, la supervisión y una capacitación específica para la instalación que es objeto de la clausura.

7.4. El personal debe familiarizarse con la instalación, los requisitos de seguridad de la licencia, comprendidos los requisitos relativos a la protección contra la radiación, y todos los procedimientos de seguridad. Para algunas actividades puede hacer falta una formación especializada. Hay que tomar precauciones para adoptar prácticas de trabajo sólidas y mantener buenas condiciones de trabajo. Para algunas actividades, el empleo de maquetas y modelos durante la capacitación puede mejorar considerablemente la eficiencia y la seguridad.

7.5. Los requisitos básicos de un programa de capacitación y de un curso de repaso en actividades de clausura deben consignarse en el plan de clausura.

CONTROL ORGANIZATIVO Y ADMINISTRATIVO

7.6. En el plan de clausura debe exponerse la estructura organizativa que se va a utilizar durante la clausura. Tiene que haber una clara demarcación de autoridades y responsabilidades, junto con las interfaces y las vías de comunicación que se emplearán. Este aspecto es particularmente importante cuando se recurre a contratantes o entidades exteriores.

7.7. Para controlar todas las actividades de la clausura, la entidad explotadora debe poner en práctica un sistema efectivo de control de la gestión, que debe abarcar el control de los preparativos de la clausura (como la instalación de nuevos sistemas de seguridad) y el reconocimiento de los riesgos derivados de las condiciones cambiantes que surjan durante la clausura.

7.8. La estructura organizativa ha de ser capaz de asegurar que la unidad que cumple la función de examinar la garantía de calidad es independiente de la unidad directamente responsable de llevar a cabo las actividades de clausura.

7.9. Las medidas administrativas de la fase operacional de la instalación pueden ser pertinentes para la clausura. Estas medidas deben revisarse y modificarse para asegurarse de que resulten adecuadas y, de ser necesario, deben adoptarse medidas administrativas adicionales. Puede ser exigible que el órgano regulador apruebe las medidas administrativas de control.

7.10. En caso de aplazamiento de la clausura, es preciso documentar los conocimientos de la historia de la instalación atesorados por el personal relacionado con ésta antes de proceder a su parada definitiva. Esta información se debe facilitar a los que trabajan en la clausura para que la utilicen durante todas las fases, comprendidas las de planificación, descontaminación y desmantelamiento.

ESTRUCTURAS, SISTEMAS Y COMPONENTES IMPORTANTES PARA LA SEGURIDAD

7.11. Debe identificarse, instalarse o sustituirse en caso necesario, así como mantenerse, el equipo que sea importante para garantizar la seguridad tecnológica durante la clausura. Parte de ese equipo estará ya disponible desde el período operacional de la instalación, pero deben evaluarse tanto su adecuación en las circunstancias cambiantes de la clausura como también la prolongación del período de utilización. Hay que establecer un sistema de gestión para garantizar

que la totalidad del equipo necesario para la seguridad es sometido a controles periódicos y mantenido para detectar y subsanar cualquier deterioro de su función de seguridad. Donde resulte aplicable, se deben aprovechar las estructuras existentes de protección y contención.

7.12. El mantenimiento del equipo y las estructuras relacionados con la seguridad debe practicarse tanto durante las fases de la clausura como durante cualquier período intermedio de vigilancia y mantenimiento.

PROTECCIÓN FRENTE A LA RADIACIÓN

7.13. La entidad explotadora de la clausura debe establecer una organización para la protección contra la radiación que ha de ser capaz de funcionar independientemente en cuestiones que afecten a la salud y la seguridad frente a la radiación de los trabajadores y el público. Hay que formular y aplicar procedimientos apropiados, que pueden ser los mismos que ya se empleaban durante el funcionamiento y el mantenimiento de la instalación. Ahora bien, durante la clausura hay que hacer más hincapié en atenuar los siguientes riesgos:

- a) La mayor proximidad de las fuentes de radiación al personal trabajador y, por consiguiente, el mayor potencial de exposición a la radiación;
- b) El mayor potencial de creación de radionucleidos aerotransportados, a causa de la necesidad de romper la contención o las barreras durante el desmantelamiento;
- c) La introducción de nuevas técnicas que requieran controles específicos y la adecuada capacitación del personal.

SUPERVISIÓN RADIOLÓGICA EN EL EMPLAZAMIENTO Y FUERA DE ÉL

7.14. La entidad explotadora debe asegurarse de que durante la clausura se practica un control en el emplazamiento y fuera de él. Los programas de supervisión heredados del período operacional, tanto en el emplazamiento como fuera del mismo, pueden requerir modificaciones apropiadas a las condiciones imperantes durante la clausura.

7.15. Hay que proceder a una supervisión en el emplazamiento para proporcionar información que permita identificar los riesgos radiológicos y contribuir a reducirlos. Es preciso asegurarse de que se supervisan todas las zonas potenciales de trabajo y los puntos de descarga. La supervisión en el emplazamiento debe

constar no solo de la supervisión del personal, sino también de la adecuada supervisión de las áreas.

7.16. Es necesario controlar, supervisar y registrar las descargas fuera del emplazamiento de radionucleidos por aire y vías líquidas, como autorice el órgano regulador. Las recomendaciones pertinentes figuran en la Ref. [8]. También deben cumplirse las recomendaciones correspondientes sobre las descargas no radiológicas.

7.17. La supervisión en el emplazamiento y fuera de él, y los estudios de la radiación y la contaminación, así como los análisis y las evaluaciones de la seguridad tecnológica, deben servir para calibrar el grado previsto y real de seguridad en relación con las actividades de clausura.

GESTIÓN DE LOS DESECHOS

7.18. Las entidades explotadoras deben garantizar el cumplimiento del plan de gestión de los desechos, que forma parte del plan de clausura.

7.19. A la hora de gestionar los desechos procedentes de la clausura, hay que considerar varios factores, que son:

- a) El origen, la cantidad, la categoría y la índole de los desechos que se producirán durante la clausura y la reducción al mínimo de los mismos (en poco tiempo pueden producirse cantidades relativamente grandes de desechos radiactivos);
- b) Las posibilidades de suprimir el control regulador de los desechos radiactivos;
- c) Las posibilidades de reutilizar y reciclar los materiales, el equipo y los locales;
- d) La producción de desechos secundarios y su reducción al mínimo;
- e) La presencia de materiales peligrosos no radiológicos, como el amianto;
- f) La disponibilidad de centrales de reciclado o tratamiento de los desechos, instalaciones de almacenamiento y emplazamientos para la disposición final;
- g) Todo requisito especial para el acondicionamiento y el transporte de desechos radiactivos;
- h) La rastreabilidad de los desechos;
- i) Las posibilidades de criticidad inadvertida;

- j) El efecto potencial de los desechos en los trabajadores, el público y el medio ambiente;
- k) Los criterios para segregar materiales;
- l) Los métodos propuestos para el tratamiento, el acondicionamiento, el transporte, el almacenamiento y la disposición final de los desechos.

7.20. Los desechos producidos durante el proceso de clausura deben separarse de acuerdo con la estrategia de gestión de desechos en el emplazamiento. Esa separación es fundamental para reducir al mínimo los volúmenes de desechos de las categorías más altas y debe permitir el acondicionamiento, la disposición final o la reutilización adecuados del material.

7.21. Gran parte de los desechos y otros materiales producidos durante el proceso de clausura pueden tener una concentración de actividad suficientemente baja para privarlos total o parcialmente del control regulador. Algunos desechos pueden ser adecuados para la disposición final en vertederos normales, mientras que algunos materiales como el acero y el hormigón pueden prestarse a ser reciclados o reutilizados fuera de la industria nuclear. La suspensión de los controles reguladores ha de llevarse a cabo de conformidad con los criterios establecidos por el órgano regulador nacional. El asesoramiento sobre los criterios para la suspensión de los controles reguladores y la gestión del proceso regulador para la suspensión de los controles se abordarán en otras normas de seguridad del OIEA.

7.22. El plan de gestión de los desechos tiene que poder hacer frente a los desechos adicionales de las actividades de clausura y de corrientes secundarias de desechos, comprendidos los desechos resultantes de acontecimientos o incidentes imprevistos durante la descontaminación, el desmantelamiento o la demolición. Si los sistemas existentes de procesamiento de desechos no pueden hacer frente a los desechos generados durante la clausura en los volúmenes propuestos, se deberá estudiar la construcción de nuevas instalaciones. Asimismo se debe prestar atención a reducir al mínimo la contaminación cruzada y la producción de desechos secundarios. Los requisitos para la gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos se exponen en una publicación de Requisitos de Seguridad [2].

7.23. Se pueden conseguir reducciones importantes de los volúmenes de desechos radiactivos por medio de programas de descontaminación, técnicas de desmantelamiento controlado, control de la contaminación, clasificación de los materiales de desecho, un procesamiento efectivo y, en algunos casos, controles administrativos. Las estrategias de reutilización y reciclado tienen el potencial de

reducir la cantidad de desechos por gestionar. Igualmente, la suspensión del control regulador del material de actividad baja como desecho ordinario o para su reutilización o reciclado puede reducir también de modo sustancial la cantidad de material que hay que considerar como desechos radiactivos.

7.24. La exposición a la radiación de los trabajadores y del público puede variar según la estrategia de minimización de los desechos. Se debe recurrir a un enfoque integrado para equilibrar los objetivos de minimización de los desechos con el objetivo de mantener las exposiciones a la radiación tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta al mismo tiempo los mayores riesgos y costos de la manipulación.

7.25. El transporte de los desechos radiactivos fuera del emplazamiento debe ajustarse a las reglas nacionales. Los requisitos internacionales para el transporte de material radiactivo figuran en la Ref. [10]. Hay que tomar precauciones para impedir la contaminación externa de los contenedores de disposición final que pudieran lixiviar contaminantes durante el transporte.

7.26. La dirección y el personal participante en el proyecto de clausura han de conocer los métodos precisos para reducir al mínimo los desechos producidos en las áreas asignadas y, si fuera necesario, recibir la formación correspondiente. Esos métodos comprenden el empleo de tiendas para el control de la contaminación, la contención de vertidos y la separación de los desechos radiactivamente contaminados de aquellos que no lo están.

PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

7.27. En el plan de clausura hay que determinar un programa para la planificación de emergencias (Ref. [2], párr. 3.14) y describirlo. Este programa debe someterse a la aprobación del órgano regulador. Las entidades explotadoras deben asegurarse de que están preparados los procedimientos para hacer frente a acontecimientos imprevistos. El personal debe recibir formación en procedimientos de emergencia. Hay que tomar medidas para la verificación y actualización regulares de esos procedimientos mediante la realización periódica de ejercicios.

PROTECCIÓN FÍSICA Y SALVAGUARDIAS

7.28. A lo largo de toda la clausura hay que mantener la adecuada protección física para la instalación, proporcional a los riesgos asociados [11]. Si la instalación contiene materiales sometidos a salvaguardias, la entidad explotadora tiene que adherir a los correspondientes acuerdos internacionales y ajustarse a los principios de salvaguardias del OIEA [12, 13].

GARANTÍA DE CALIDAD

7.29. La entidad explotadora pondrá en práctica un programa adecuado y actualizado de garantía de calidad (Ref. [2], párr. 3.12). Las actividades de descontaminación, desmantelamiento y gestión de los desechos tienen que ser llevadas a cabo por individuos adecuadamente formados y de conformidad con los procedimientos de trabajo aprobados. Es menester preparar estos procedimientos para cada una de las actividades de clausura. La necesidad de adquirir y conservar los documentos y la información relativos a la instalación que es objeto de la clausura debe subrayarse en la formulación de un programa de garantía de calidad de la clausura.

7.30. Deben guardarse los documentos de todas las tareas realizadas en la operación de clausura. Una información precisa y completa sobre las ubicaciones, las configuraciones, las cantidades y los tipos de radionucleidos restantes en la instalación es esencial, y debe reunirse y mantenerse. Para el desmantelamiento final, esos documentos deben usarse para demostrar que se han contabilizado debidamente todos los materiales radiactivos que se encontraban presentes al comienzo de la clausura, y que sus destinos finales han sido identificados y confirmados. Esta documentación debe dar cuenta igualmente de los materiales, las estructuras y el terreno a los que se suspendió el control regulador.

8. TERMINACIÓN DE LA CLAUSURA

8.1. Al concluir la clausura, deben conservarse los documentos correspondientes como haya estipulado el órgano regulador. Esos documentos deben preservarse y mantenerse con fines como la confirmación de la terminación de la clausura de conformidad con el plan aprobado. La

confirmación de la terminación de la clausura debe incluir información sobre la disposición recuperable de los desechos, los materiales y los locales.

8.2. Es preciso redactar un informe final de la clausura (Ref. [2], párr. 6.13) basado en los documentos reunidos, que debe contener la siguiente información:

- a) Una descripción de la instalación;
- b) Los objetivos de la clausura;
- c) Los criterios radiológicos y no radiológicos utilizados como base para liberar el equipo, los edificios o el emplazamiento de los controles reguladores o de cualquier otro régimen de control aprobado por el órgano regulador;
- d) Una descripción de las actividades de clausura;
- e) Una descripción de todo edificio o equipo restantes que no hayan sido clausurados o lo hayan sido parcialmente;
- f) El informe del estudio radiológico final;
- g) Un inventario de los materiales radiactivos, que comprenda las cantidades y los tipos de desechos producidos durante la clausura y sus ubicaciones para almacenamiento y/o disposición final;
- h) Un inventario de los materiales no radiactivos, que comprenda las cantidades y los tipos de desechos producidos durante la clausura y sus ubicaciones para almacenamiento y/o disposición final;
- i) Un inventario de los materiales, el equipo y los locales dispensados del control regulador;
- j) Una lista de las estructuras, las zonas o el equipo designados para uso restringido o adecuadamente cubiertos por restricciones de hecho;
- k) Una comparación de los volúmenes reales de desechos producidos durante las actividades de clausura con las cantidades previstas en la fase de planificación;
- l) Un resumen de todo hecho e incidente anormal que haya ocurrido durante la clausura;
- m) Un comentario de la situación de la supresión de controles y cualquier otra restricción en el emplazamiento;
- n) Un resumen de las dosis ocupacionales y las dosis públicas recibidas durante la clausura;
- o) Las lecciones aprendidas durante el proceso de clausura.

8.3. Este informe confirma la terminación de la clausura y tiene que ser examinado y aprobado por el órgano regulador. Cualquier otra restricción sobre el emplazamiento debe consignarse como lo exijan las reglas nacionales.

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad N° WS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Colección de Normas de Seguridad, N° WS-G-2.1, OIEA, Viena, (1999) [solo en inglés].
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Clausura de instalaciones médicas, industriales y de investigación, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.2, OIEA, Viena (1999).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie, Colección de Normas de Seguridad N° WS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, Viena (2007).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad N° 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994) [solo en inglés].
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad N° TS-R-1 (ST-1, revisada), OIEA, Viena (2002).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección física de los materiales nucleares, INFCIRC/225/ Rev.3, OIEA, Viena (1993).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sistema de salvaguardias del Organismo (1965, ampliado provisionalmente en 1966 y 1968), INFCIRC/66/Rev.2, OIEA, Viena (1968).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Estructura y contenido de los acuerdos entre los Estados y el Organismo requeridos en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, INFCIRC/153, OIEA, Viena (1971).

Anexo

EJEMPLO DE CONTENIDO DEL INFORME DEL ESTUDIO RADIOLÓGICO FINAL

NOMBRE DE LA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Tipo de instalación y ubicación de la misma
Descripción del emplazamiento
Propiedad
Descripción de la instalación
Riesgos

ANTECEDENTES

Motivo de la clausura
Enfoque de la gestión

HISTORIAL DEL FUNCIONAMIENTO

Concesión de la licencia y operaciones
Procesos realizados
Prácticas de eliminación final de desechos

ACTIVIDADES DE CLAUSURA

Objetivos
Resultados de estudios anteriores
Procedimientos de descontaminación y desmantelamiento

ACTIVIDADES PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS

Cantidades de desechos generados (volumen, actividad)
Tratamiento y acondicionamiento
Disposición final, comprendido el envío en el emplazamiento y/o fuera del emplazamiento

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO FINAL

Parámetros de muestreo
Niveles iniciales/de base identificados
Principales contaminantes identificados
Criterios radiológicos de punto final

Equipo y procedimientos elegidos
Instrumentos y equipo
Técnicas para el uso de los instrumentos
Procedimientos seguidos

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Resumen de los resultados
Técnicas para reducir/evaluar los datos
Evaluación estadística
Comparación con criterios radiológicos para el punto final
Evaluación de la aceptabilidad

RESUMEN

ANEXOS

Datos detallados del estudio junto con dibujos

COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EL EXAMEN

Bologna, L.	Agencia Nacional para la Protección del Medio Ambiente (Italia)
Bradshaw, I.A.	Dirección de Seguridad Nuclear (Reino Unido)
Brotherton, C.	British Nuclear Fuels plc. (Reino Unido)
De, P.L.	Atomic Energy of Canada Ltd. (Canadá)
Doublecourt, J.J.	COGEMA (Francia)
Elder, B.	British Nuclear Fuels plc. (Reino Unido)
Frost, A.	British Nuclear Fuels plc. (Reino Unido)
Fujiki, K.	Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica (Japón)
Gascoyne, C.	British Nuclear Fuels plc. (Reino Unido)
Gnugnoli, G.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Hiscox, A.W.	Nuclear Electric plc (Reino Unido)
Krause, C.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Laraia, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Larson, H.J.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Lecomte, T.	Dirección para la Seguridad de las Instalaciones Nucleares (Francia)
Ortenzi, V.	Agencia Nacional para la Protección del Medio Ambiente (Italia)
Pla, E.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Rastogi, R.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Reisenweaver, D.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Ruffa, A.

Agencia Nacional para la Protección del Medio Ambiente
(Italia)

Venkatesan, S.

Junta Reguladora de la Energía Atómica (India)

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Alemania: von Dobschütz, P.; *Argentina*: Siraky, G.; *Australia*: Cooper, M.B.; *Bélgica*: Baekelandt, L.; *Brasil*: Schirmer, H.P.; *Canadá*: Ferch, R.; *China*: Xianhua, F.; *España*: Gil López, E.; *Estados Unidos de América*: Wallo, A.; *Federación de Rusia*: Poluehktov, P.P.; *Finlandia*: Rukola, E.; *Francia*: Brigaud, O.; *India*: Gandhi, P.M.; *Israel*: Stern, E.; *Japón*: Aoki, T.; *Países Bajos*: Selling, H.; *Reino Unido*: Wilson, C.; *República de Corea*: Suk, T.W.; *Sudáfrica*: Metcalf, P. (Presidencia); *Suecia*: Wingefors, S.; *Ucrania*: Bogdan, L.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Valentin, J.; *OIEA*: Delattre, D. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

Alemania: Wendling, R.D.; *Argentina*: Sajaroff, P.; *Bélgica*: Govaerts, P. (Presidencia); *Brasil*: Salati de Almeida, I.P.; *Canadá*: Malek, I.; *China*: Zhao, Y.; *España*: Lequerica, I.; *Estados Unidos de América*: Murphy, J.; *Federación de Rusia*: Baklushin, R.P.; *Francia*: Saint Raymond, P.; *India*: Venkat Raj, V.; *Italia*: Del Nero, G.; *Japón*: Hirano, M.; *México*: Delgado Guardado, J.L.; *Países Bajos*: de Munk, P.; *Pakistán*: Hashimi, J.A.; *Reino Unido*: Hall, A.; *República de Corea*: Lee, J.-I.; *Suecia*: Jende, E.; *Suiza*: Aberli, W.; *Ucrania*: Mikolaichuk, O.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Royen, J.; *Comisión Europea*: Gómez-Gómez, J.A.; *OIEA*: Hughes, P. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: d'Ardenne, W.

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Renneberg, W., Wendling, R.D.; *Argentina*: D'Amato, E.; *Brasil*: Caubit da Silva, A.; *Canadá*: Bishop, A., Duncan, R.M.; *China*: Zhao, C.; *España*: Martín Marquínez, A.; *Estados Unidos de América*: Travers, W.D.; *Federación de Rusia*: Vishnevskiy, Y.G.; *Francia*: Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; *India*: Sukhatme, S.P.; *Japón*: Suda, N.; *Reino Unido*: Williams, L.G. (Presidencia), Pape, R.; *República de Corea*: Kim, S.-J.; *Suecia*: Holm, L.-E.; *Suiza*: Jeschki, W.; *Ucrania*: Smyshlayaev, O.Y.; *Agencia para la Energía*

Nuclear de la OCDE: Shimomura, K.; Comisión Internacional de Protección Radiológica: Clarke, R.H.; OIEA: Karbassioun, A. (Coordinación).



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 22

Lugares donde se pueden encargar publicaciones del OIEA

En los siguientes países se pueden adquirir publicaciones del OIEA de los proveedores que figuran a continuación, o en las principales librerías locales. El pago se puede efectuar en moneda local o con bonos de la UNESCO.

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Am Hofgarten 10, D-53113 Bonn
Teléfono: + 49 228 94 90 20 • Fax: +49 228 94 90 20 ó +49 228 94 90 222
Correo-e: bestellung@uno-verlag.de • Sitio web: <http://www.uno-verlag.de>

AUSTRALIA

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132
Teléfono: +61 3 9210 7777 • Fax: +61 3 9210 7788
Correo-e: service@dadirect.com.au • Sitio web: <http://www.dadirect.com.au>

BÉLGICA

Jean de Lannoy, avenue du Roi 202, B-1190 Bruselas
Teléfono: +32 2 538 43 08 • Fax: +32 2 538 08 41
Correo-e: jean.de.lannoy@infoboard.be • Sitio web: <http://www.jean-de-lannoy.be>

CANADÁ

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4346, EE.UU.
Teléfono: 1-800-865-3457 • Fax: 1-800-865-3450
Correo-e: customercare@bernan.com • Sitio web: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 1-5369 Canotek Rd., Ottawa, Ontario, K1J 9J3
Teléfono: +613 745 2665 • Fax: +613 745 7660
Correo-e: order.dept@renoufbooks.com • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino: China Nuclear Energy Industry Corporation, Sección de Traducción
P.O. Box 2103, Beijing

ESLOVENIA

Cankarjeva Založba d.d., Kopitarjeva 2, SI-1512 Ljubljana
Teléfono: +386 1 432 31 44 • Fax: +386 1 230 14 35
Correo-e: import.books@cankarjeva-z.si • Sitio web: <http://www.cankarjeva-z.si/uvoz>

ESPAÑA

Díaz de Santos, S.A., c/ Juan Bravo, 3A, E-28006 Madrid
Teléfono: +34 91 781 94 80 • Fax: +34 91 575 55 63
Correo-e: compras@diazdesantos.es, carmela@diazdesantos.es, barcelona@diazdesantos.es, julio@diazdesantos.es
Sitio web: <http://www.diazdesantos.es>

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4346, EE.UU.
Teléfono: 1-800-865-3457 • Fax: 1-800-865-3450
Correo-e: customercare@bernan.com • Sitio web: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 812 Proctor Ave., Ogdensburg, NY, 13669, EE.UU.
Teléfono: +888 551 7470 (gratuito) • Fax: +888 568 8546 (gratuito)
Correo-e: order.dept@renoufbooks.com • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

FINLANDIA

Akateeminen Kirjakauppa, P.O. BOX 128 (Keskuskatu 1), FIN-00101 Helsinki
Teléfono: +358 9 121 41 • Fax: +358 9 121 4450
Correo-e: akatilaus@akateeminen.com • Sitio web: <http://www.akateeminen.com>

FRANCIA

Form-Edit, 5, rue Janssen, P.O. Box 25, F-75921 Paris Cedex 19
Teléfono: +33 1 42 01 49 49 • Fax: +33 1 42 01 90 90
Correo-e: formedit@formedit.fr • Sitio web: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS, 145 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex
Teléfono: + 33 1 47 40 67 02 • Fax +33 1 47 40 67 02
Correo-e: romuald.verrier@lavoisier.fr • Sitio web: <http://www.lavoisier.fr>

HUNGRÍA

Librotrade Ltd., Book Import, P.O. Box 126, H-1656 Budapest
Teléfono: +36 1 257 7777 • Fax: +36 1 257 7472 • Correo-e: books@librotrade.hu

INDIA

Allied Publishers Group, 1st Floor, Dubash House, 15, J. N. Heredia Marg, Ballard Estate, Mumbai 400 001
Teléfono: +91 22 22617926/27 • Fax: +91 22 22617928
Correo-e: alliedpl@vsnl.com • Sitio web: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell, 2/72, Nirankari Colony, Delhi 110009
Teléfono: +91 11 23268786, +91 11 23257264 • Fax: +91 11 23281315
Correo-e: bookwell@vsnl.net

ITALIA

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milán
Teléfono: +39 02 48 95 45 52 ó 48 95 45 62 • Fax: +39 02 48 95 45 48
Correo-e: info@libreriaaeiou.eu • Sitio web: www.libreriaaeiou.eu

JAPÓN

Maruzen Company, Ltd., 13-6 Nihonbashi, 3 chome, Chuo-ku, Tokyo 103-0027
Teléfono: +81 3 3275 8582 • Fax: +81 3 3275 9072
Correo-e: journal@maruzen.co.jp • Sitio web: <http://www.maruzen.co.jp>

NACIONES UNIDAS

Dept. I004, Room DC2-0853, First Avenue at 46th Street, Nueva York, N.Y. 10017, EE.UU.
Teléfono (Naciones Unidas): +800 253-9646 ó +212 963-8302 • Fax: +212 963 -3489
Correo-e: publications@un.org • Sitio web: <http://www.un.org>

NUEVA ZELANDIA

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132, Australia
Teléfono: +61 3 9210 7777 • Fax: +61 3 9210 7788
Correo-e: service@dadirect.com.au • Sitio web: <http://www.dadirect.com.au>

PAÍSES BAJOS

De Lindeboom Internationale Publicaties B.V., M.A. de Ruyterstraat 20A, NL-7482 BZ Haaksbergen
Teléfono: +31 (0) 53 5740004 • Fax: +31 (0) 53 5729296
Correo-e: books@delindeboom.com • Sitio web: <http://www.delindeboom.com>

Martinus Nijhoff International, Koraalrood 50, P.O. Box 1853, 2700 CZ Zoetermeer
Teléfono: +31 793 684 400 • Fax: +31 793 615 698
Correo-e: info@nijhoff.nl • Sitio web: <http://www.nijhoff.nl>

Swets and Zeitlinger b.v., P.O. Box 830, 2160 SZ Lisse
Teléfono: +31 252 435 111 • Fax: +31 252 415 888
Correo-e: infoho@swets.nl • Sitio web: <http://www.swets.nl>

REINO UNIDO

The Stationery Office Ltd, International Sales Agency, P.O. Box 29, Norwich, NR3 1 GN
Teléfono (pedidos) +44 870 600 5552 • (información): +44 207 873 8372 • Fax: +44 207 873 8203
Correo-e (pedidos): book.orders@tso.co.uk • (información): book.enquiries@tso.co.uk • Sitio web: <http://www.tso.co.uk>

Pedidos en línea

DELTA Int. Book Wholesalers Ltd., 39 Alexandra Road, Addlestone, Surrey, KT15 2PQ
Correo-e: info@profbooks.com • Sitio web: <http://www.profbooks.com>

Libros relacionados con el medio ambiente

Earthprint Ltd., P.O. Box 119, Stevenage SG1 4TP
Teléfono: +44 1438748111 • Fax: +44 1438748844
Correo-e: orders@earthprint.com • Sitio web: <http://www.earthprint.com>

REPÚBLICA CHECA

Suweco CZ, S.R.O., Klecakova 347, 180 21 Praga 9
Teléfono: +420 26603 5364 • Fax: +420 28482 1646
Correo-e: nakup@suweco.cz • Sitio web: <http://www.suweco.cz>

REPÚBLICA DE COREA

KINS Inc., Information Business Dept. Samho Bldg. 2nd Floor, 275-1 Yang Jae-dong SeoCho-G, Seúl 137-130
Teléfono: +02 589 1740 • Fax: +02 589 1746 • Sitio web: <http://www.kins.re.kr>

Los pedidos y las solicitudes de información también se pueden dirigir directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

Centro Internacional de Viena, P.O. Box 100, 1400 Viena, Austria
Teléfono: +43 1 2600 22529 (ó 22530) • Fax: +43 1 2600 29302
Correo-e: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <http://www.iaea.org/books>

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA
ISBN 978-92-0-307110-9
ISSN 1020-5837