

# Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

## Evaluación de la seguridad para la clausura de instalaciones que utilizan materiales radiactivos

Guía de seguridad

Nº WS-G-5.2



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

# NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

## 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 figuran en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. Las categorías comprendidas en esta serie son las siguientes: **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad**.

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, P.O. 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 utilización 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](mailto:Official.Mail@iaea.org).

## PUBLICACIONES CONEXAS

Con arreglo a las disposiciones del artículo III y del 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**.

La **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA** comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD  
PARA LA CLAUSURA  
DE INSTALACIONES  
QUE UTILIZAN  
MATERIALES RADIATIVOS

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

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

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-5.2

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD  
PARA LA CLAUSURA  
DE INSTALACIONES  
QUE UTILIZAN  
MATERIALES RADIATIVOS

GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2012

## 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](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2012  
Impreso por el OIEA en Austria  
Agosto de 2012

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD  
PARA LA CLAUSURA DE INSTALACIONES QUE UTILIZAN  
MATERIALES RADIACTIVOS  
OIEA, VIENA, 2012  
STI/PUB/1372  
ISBN 978-92-0-333410-5  
ISSN 1020-525X

## PRÓLOGO

El OIEA está autorizado por su Estatuto a establecer normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad — normas que el OIEA debe utilizar en sus propias operaciones, y que un Estado puede aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica. Ese amplio conjunto de normas de seguridad revisadas periódicamente, junto a la asistencia del OIEA para su aplicación, se ha convertido en elemento clave de un régimen de seguridad mundial.

A mediados del decenio de 1990 se inició una importante reorganización del programa de normas de seguridad del OIEA, modificándose la estructura del comité de supervisión y adoptándose un enfoque sistemático para la actualización de todo el conjunto de normas. Las nuevas normas son de gran calidad y reflejan las mejores prácticas utilizadas en los Estados Miembros. Con la asistencia de la Comisión sobre Normas de Seguridad, el OIEA está llevando a cabo actividades para promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas de seguridad.

Sin embargo, las normas de seguridad sólo pueden ser eficaces si se aplican correctamente en la práctica. Los servicios de seguridad del OIEA, que van desde la seguridad técnica, la seguridad operacional y la seguridad radiológica, del transporte y de los desechos hasta cuestiones de reglamentación y de cultura de la seguridad en las organizaciones — prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y la evaluación de su eficacia. Estos servicios de seguridad permiten compartir valiosos conocimientos, por lo que se exhorta a todos los Estados Miembros a que hagan uso de ellos.

La reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica es una responsabilidad nacional, y son muchos los Estados Miembros que han decidido adoptar las normas de seguridad del OIEA para incorporarlas en sus reglamentos nacionales. Para las Partes Contratantes en las diversas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el eficaz cumplimiento de las obligaciones contraídas en virtud de las convenciones. Los encargados del diseño, los fabricantes y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad nuclear y radiológica en la generación de electricidad, la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación.

El OIEA asigna gran importancia al permanente problema que significa para los usuarios y los reguladores en general garantizar un elevado nivel de seguridad en la utilización de los materiales nucleares y las fuentes de radiación en todo el mundo. Su continua utilización en beneficio de la humanidad debe gestionarse de manera segura, objetivo a cuyo logro contribuyen las normas de seguridad del OIEA.





# **NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA**

## **ANTECEDENTES**

La radiactividad es un fenómeno natural y las fuentes naturales de radiación son una característica del medio ambiente. Las radiaciones y las sustancias radiactivas tienen muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde la generación de electricidad hasta los usos en la medicina, la industria y la agricultura. Los riesgos asociados a las radiaciones que estas aplicaciones pueden entrañar para los trabajadores y la población y para el medio ambiente deben evaluarse y, de ser necesario, controlarse.

Para ello es preciso que actividades tales como los usos de la radiación con fines médicos, la explotación de instalaciones nucleares, la producción, el transporte y la utilización de material radiactivo y la gestión de los desechos radiactivos estén sujetas a normas de seguridad.

La reglamentación relativa a la seguridad es una responsabilidad nacional. Sin embargo, los riesgos asociados a las radiaciones pueden trascender las fronteras nacionales, y la cooperación internacional ayuda a promover y aumentar la seguridad en todo el mundo mediante el intercambio de experiencias y el mejoramiento de la capacidad para controlar los peligros, prevenir los accidentes, responder a las emergencias y mitigar las consecuencias dañinas.

Los Estados tienen una obligación de diligencia, y deben cumplir sus compromisos y obligaciones nacionales e internacionales.

Las normas internacionales de seguridad ayudan a los Estados a cumplir sus obligaciones dimanantes de los principios generales del derecho internacional, como las que se relacionan con la protección del medio ambiente. Las normas internacionales de seguridad también promueven y afirman la confianza en la seguridad, y facilitan el comercio y los intercambios internacionales.

Existe un régimen mundial de seguridad nuclear que es objeto de mejora continua. Las normas de seguridad del OIEA, que apoyan la aplicación de instrumentos internacionales vinculantes y la creación de infraestructuras nacionales de seguridad, son una piedra angular de este régimen mundial. Las normas de seguridad del OIEA constituyen un instrumento útil para las partes contratantes en la evaluación de su desempeño en virtud de esas convenciones internacionales.

## **LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA**

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto de éste, que autoriza al OIEA a establecer o adoptar, en consulta y, cuando proceda, en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y proveer a la aplicación de estas normas.

Con miras a garantizar la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante, las normas de seguridad del OIEA establecen principios fundamentales de seguridad, requisitos y medidas para controlar la exposición de las personas a las radiaciones y la emisión de materiales radiactivos al medio ambiente, reducir la probabilidad de sucesos que puedan dar lugar a una pérdida de control sobre el núcleo de un reactor nuclear, una reacción nuclear en cadena, una fuente radiactiva o cualquier otra fuente de radiación, y mitigar las consecuencias de esos sucesos si se producen. Las normas se aplican a instalaciones y actividades que dan lugar a riesgos radiológicos, comprendidas las instalaciones nucleares, el uso de la radiación y de las fuentes radiactivas, el transporte de materiales radiactivos y la gestión de los desechos radiactivos.

Las medidas de seguridad tecnológica y las medidas de seguridad física<sup>1</sup> tienen en común la finalidad de proteger la vida y la salud humanas y el medio ambiente. Las medidas de seguridad tecnológica y de seguridad física deben diseñarse y aplicarse en forma integrada, de modo que las medidas de seguridad física no comprometan la seguridad tecnológica y las medidas de seguridad tecnológica no comprometan la seguridad física.

Las normas de seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Las normas se publican en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, que comprende tres categorías (véase la Fig. 1).

### **Nociones Fundamentales de Seguridad**

Las Nociones Fundamentales de Seguridad presentan los objetivos y principios fundamentales de protección y seguridad, y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

### **Requisitos de Seguridad**

Un conjunto integrado y coherente de requisitos de seguridad establece los requisitos que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Los requisitos se rigen por los objetivos y principios de las Nociones Fundamentales de Seguridad. Si los requisitos no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. El formato y el estilo de los requisitos facilitan su uso para establecer, de forma armonizada, un marco nacional de reglamentación. En los requisitos de seguridad se emplean formas verbales imperativas, junto con las condiciones conexas que deben cumplirse. Muchos de los requisitos no se dirigen a una parte en particular, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda.

---

<sup>1</sup> Véanse también las publicaciones de la Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA.

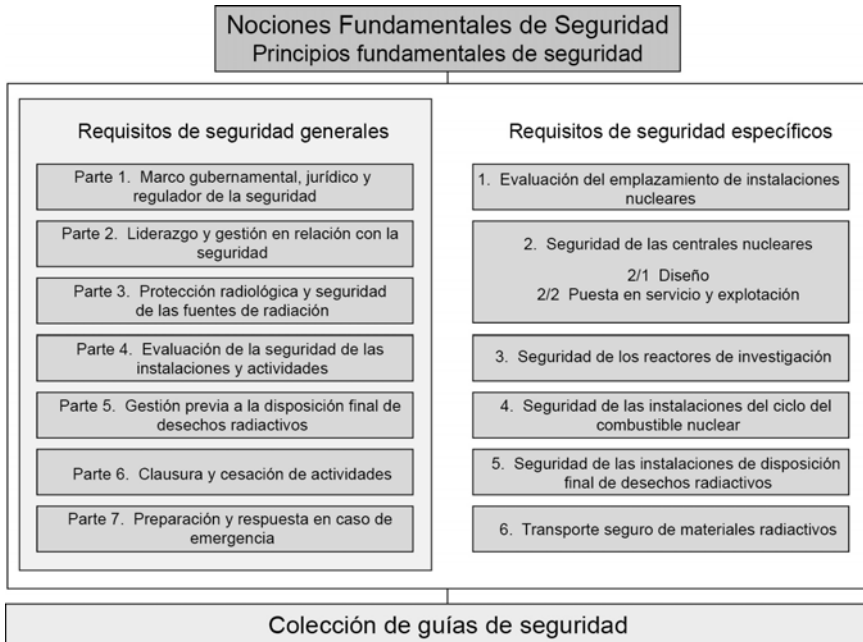


Fig. 1. Estructura a largo plazo de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

## Guías de seguridad

Las guías de seguridad ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad, lo que indica un consenso internacional en el sentido de que es necesario adoptar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes). Las guías de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas internacionales y dan cuenta cada vez más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que tratan de alcanzar altos grados de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las guías de seguridad se emplean formas verbales condicionales.

## APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Los principales usuarios de las normas de seguridad en los Estados Miembros del OIEA son órganos reguladores y otras autoridades nacionales competentes. También hacen uso de las normas de seguridad del OIEA organizaciones copatrocinadoras y muchas organizaciones que diseñan, construyen y explotan instalaciones nucleares, así como organizaciones en las que se usan radiaciones o fuentes radiactivas.

Las normas de seguridad del OIEA se aplican, según el caso, a lo largo de toda la vida útil de todas las instalaciones y actividades —existentes y nuevas— que tienen fines pacíficos, y a las medidas protectoras destinadas a reducir los riesgos existentes en relación con las radiaciones. Los Estados también pueden usarlas como referencia para sus reglamentos nacionales relativos a instalaciones y actividades.

De conformidad con el Estatuto del OIEA, las normas de seguridad tienen carácter vinculante para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones realizadas con asistencia del OIEA.

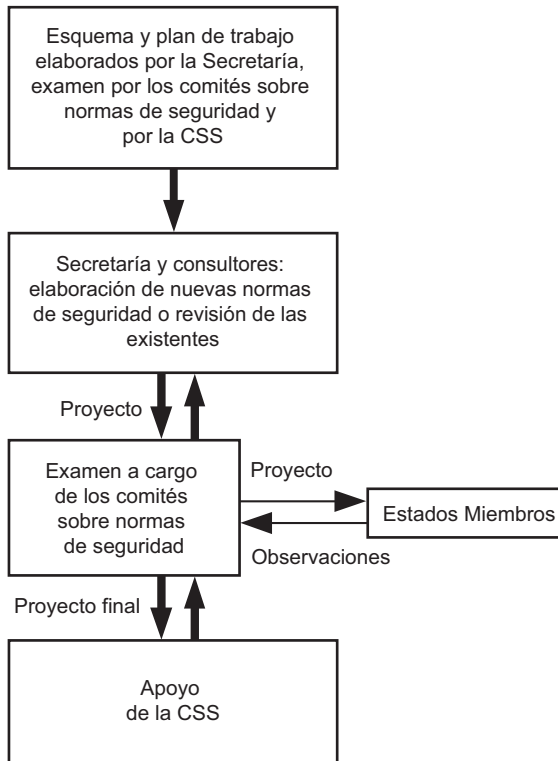
Las normas de seguridad del OIEA también constituyen la base de los servicios de examen de la seguridad que éste brinda; el OIEA recurre a esos servicios en apoyo de la creación de capacidad, incluida la elaboración de planes de enseñanza y la creación de cursos de capacitación.

Los convenios internacionales contienen requisitos similares a los que figuran en las normas de seguridad del OIEA, y tienen carácter vinculante para las partes contratantes. Las normas de seguridad del OIEA, complementadas por convenios internacionales, normas de la industria y requisitos nacionales detallados, forman una base coherente para la protección de las personas y el medio ambiente. Existen también algunos aspectos de la seguridad especiales que se deben evaluar a nivel nacional. Por ejemplo, muchas de las normas de seguridad del OIEA, en particular las que tratan aspectos relativos a la seguridad en la planificación o el diseño, se conciben con el fin de aplicarlas principalmente a nuevas instalaciones y actividades. Es posible que algunas instalaciones existentes construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos especificados en las normas de seguridad del OIEA. Corresponde a cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad del OIEA a esas instalaciones.

Las consideraciones científicas en las que descansan las normas de seguridad del OIEA proporcionan una base objetiva para la adopción de decisiones acerca de la seguridad; sin embargo, las instancias decisorias deben también formarse opiniones fundamentadas y determinar la mejor manera de equilibrar los beneficios de una medida o actividad con los riesgos asociados a las radiaciones y cualquier otro efecto perjudicial a que pueda dar lugar esa medida o actividad.

## PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

En la elaboración y el examen de las normas de seguridad participan la Secretaría del OIEA y cuatro comités de normas de seguridad que se ocupan de la seguridad nuclear (NUSSC), la seguridad radiológica (RASSC), la seguridad de los desechos radiactivos (WASSC) y el transporte seguro de materiales radiactivos



*Fig. 2. Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.*

(TRANSSC), así como la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), que supervisa el programa de normas de seguridad del OIEA (véase la Fig. 2).

Todos los Estados Miembros del OIEA pueden designar expertos para que participen en los comités de normas de seguridad y formular observaciones sobre los proyectos de norma. Los miembros de la Comisión sobre Normas de Seguridad son designados por el Director General y figuran entre ellos altos funcionarios gubernamentales encargados del establecimiento de normas nacionales.

Se ha creado un sistema de gestión para los procesos de planificación, desarrollo, examen, revisión y establecimiento de normas de seguridad del OIEA. Ese sistema articula el mandato del OIEA, la visión relativa a la futura aplicación de las normas de seguridad, las políticas y las estrategias, y las correspondientes funciones y responsabilidades.

## INTERACCIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En la elaboración de las normas de seguridad del OIEA se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y las recomendaciones de órganos internacionales de expertos, en particular la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). Algunas normas de seguridad se elaboran en cooperación con otros órganos del sistema de las Naciones Unidas u otros organismos especializados, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

## INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

Los términos relacionados con la seguridad se interpretarán como se definen en el Glosario de seguridad tecnológica del OIEA (véase la dirección <http://www-ns.iaea.org/downloads/standards/glossary/safety-glossary-spanish.pdf>). En el caso de las Guías de Seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

En Introducción que figura en la Sección 1 de cada publicación se presentan los antecedentes y el contexto de cada norma de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, así como sus objetivos, alcance y estructura.

Todo el material para el cual no existe un lugar adecuado en el cuerpo del texto (por ejemplo, información de carácter complementario o independiente del texto principal, que se incluye en apoyo de declaraciones que figuran en el texto principal, o que describe métodos de cálculo, procedimientos o límites y condiciones), puede presentarse en apéndices o anexos.

Cuando figuran en la publicación, los apéndices se consideran parte integrante de la norma de seguridad. El material que figura en un apéndice tiene el mismo valor que el texto principal y el OIEA asume su autoría. Los anexos y notas de pie de página del texto principal, en su caso, se utilizan para proporcionar ejemplos prácticos o información o explicaciones adicionales. Los anexos y notas de pie de página no son parte integrante del texto principal. La información publicada por el OIEA en forma de anexos no es necesariamente de su autoría; la información que corresponda a otros autores podrá presentarse en forma de anexos. La información procedente de otras fuentes, que se presenta en los anexos, puede extraerse y adaptarse, según convenga, para que sea de utilidad general.

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
	Antecedentes (1.1–1.5) .....	1
	Objetivo (1.6–1.7) .....	3
	Ámbito de aplicación (1.8–1.13) .....	3
	Estructura (1.14) .....	5
2.	OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD (2.1–2.4) .....	5
3.	ASPECTOS GENERALES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA .....	7
	Enfoque graduado (3.1–3.5) .....	7
	Peligros durante la clausura (3.6–3.10) .....	9
	Defensa en profundidad (3.11–3.13) .....	10
	Funciones de seguridad (3.14–3.16) .....	11
	Optimización (3.17–3.19) .....	12
	Seguridad a largo plazo (3.20–3.23) .....	13
	Análisis técnico (3.24–3.26) .....	14
	Gestión de materiales (3.27–3.29) .....	15
	Incertidumbres (3.30–3.31) .....	16
	Sistema de gestión (3.32–3.34) .....	17
	Dotación de personal y capacitación para la clausura (3.35–3.38) ...	19
4.	PREPARACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD .....	20
	Introducción (4.1–4.4) .....	20
	Marco de evaluación de la seguridad (4.5) .....	22
	Descripción de la instalación y de las actividades de clausura (4.6–4.10) .....	24
	Determinación y cribado de los peligros (4.11–4.27) .....	26
	Análisis de los peligros (4.28–4.38) .....	31
	Análisis técnico (4.39–4.42) .....	33

Evaluación de los resultados y determinación de las medidas de seguridad (4.43–4.47) . . . . .	34
Examen independiente de la evaluación de la seguridad (4.48–4.51) . . . . .	36
5.    EXAMEN REGLAMENTARIO DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD . . . . .	37
Examen reglamentario de la evaluación de la seguridad (5.1–5.5) . . . . .	37
Aplicación de un enfoque graduado por el órgano regulador (5.6–5.8) . . . . .	38
Realización del examen reglamentario (5.9–5.12). . . . .	40
6.    INTERVENCIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS (6.1–6.2) . . . . .	41
REFERENCIAS . . . . .	43
ANEXO I: EJEMPLO DE LISTA DE COMPROBACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES . . . . .	45
ANEXO II: EJEMPLO DE METODOLOGÍA PARA UN EXAMEN REGLAMENTARIO GENÉRICO. . . . .	49
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN . . . . .	59
ÓRGANOS ASESORES PARA LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA . . . . .	61



# 1. INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

1.1. En todo el mundo son muchas las instalaciones que utilizan materiales radiactivos<sup>1</sup> — desde centrales nucleares hasta reactores de investigación, instalaciones del ciclo del combustible nuclear e instalaciones médicas y de investigación — cuya clausura<sup>2</sup> se ha iniciado o se prevé iniciar próximamente. En particular, durante las próximas décadas se dejará de explotar un número creciente de reactores nucleares, tanto de potencia como de investigación. La clausura de todos esos tipos de instalaciones requiere una planificación y una evaluación adecuadas, junto con la demostración de que las actividades de clausura pueden realizarse en condiciones de seguridad.

1.2. Con arreglo a las normas de seguridad vigentes, el plan de clausura de una instalación debe estar respaldado por una evaluación adecuada de la seguridad (referencia [1], párrafo 5.2; referencia [2]). Las instalaciones pueden diferir por su tamaño y grado de complejidad (p. ej., desde plantas de reprocesamiento hasta pequeños laboratorios de investigación), por los peligros reales o potenciales que entrañen, por su nivel de contaminación radiactiva, por su historia operacional (p. ej., incidentes y accidentes<sup>3</sup> radiológicos) y por el grado de complejidad de las actividades de clausura. Además, la instalación en proceso de clausura puede formar parte de un conjunto de instalaciones interdependientes en un solo emplazamiento. Las instalaciones también pueden ser objeto de diferentes estrategias de clausura (p. ej., desmantelamiento inmediato, desmantelamiento diferido o enterramiento) [1] y de diferentes enfoques (p. ej., una o varias fases de

---

<sup>1</sup> En la presente guía de seguridad, por “instalación” se entiende una instalación, con los terrenos, edificios y equipos conexos, donde se utilizan, procesan, manipulan o almacenan materiales radiactivos en proporciones que exigen la adopción de medidas de seguridad (referencia [1], párrafo 1.1).

<sup>2</sup> En la presente guía de seguridad, por “clausura” se entienden las medidas administrativas y técnicas adoptadas para permitir la supresión total o parcial de los controles reglamentarios aplicados a una instalación (salvo cuando se trata de un repositorio, en cuyo caso se utiliza el término “cierre” y no “clausura”) (referencia [1], párrafo 1.1).

<sup>3</sup> En la presente guía de seguridad, por “accidente” se entiende todo suceso involuntario, incluidos errores de operación, fallos del equipo u otros contratiempos, cuyas consecuencias, reales o potenciales, no sean despreciables desde el punto de vista de la protección o de la seguridad tecnológica.

clausura). Por consiguiente, en la preparación y el examen de las evaluaciones de la seguridad para la clausura de instalaciones se puede aplicar una variedad de enfoques (desde una sola evaluación para cada instalación hasta evaluaciones para cada fase de la clausura o evaluaciones paralelas interrelacionadas para múltiples instalaciones). Teniendo en cuenta estas consideraciones, en la preparación y el examen de las evaluaciones de la seguridad para la clausura se debería aplicar un enfoque graduado.

1.3. En la evaluación de la seguridad se debería aplicar una metodología sistemática a fin de demostrar el cumplimiento de los requisitos y criterios de seguridad para la clausura durante todo el proceso de clausura, incluida la supresión de los controles reglamentarios aplicados a los materiales, edificios y emplazamientos. Las evaluaciones de la seguridad también tendrían que utilizarse para fomentar la confianza de las partes interesadas en la seguridad de la clausura. Después de que el explotador lleve a cabo la evaluación de la seguridad, el órgano regulador debería examinarla para cerciorarse de que satisface los requisitos y criterios pertinentes.

1.4. Los requisitos de seguridad relativos a la clausura de instalaciones se han acordado internacionalmente [1]. Esos requisitos abarcan la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación [3]; la infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte [4]; la gestión previa a la disposición final [2] y la disposición final de los desechos radiactivos [5, 6]; la liberación de los emplazamientos del control reglamentario después de la finalización de las prácticas [7]; y los sistemas de gestión [8].

1.5. La presente guía de seguridad se ha preparado como apoyo a la publicación sobre Requisitos de Seguridad titulada “Clausura de instalaciones que utilizan material radiactivo” [1]. También complementa las guías de seguridad tituladas *Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors* [9], “Clausura de instalaciones médicas, industriales y de investigación” [10] y “Clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear” [11]; “Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa” [12]; y “Liberación de los emplazamientos del control reglamentario después de la finalización de las prácticas” [7]. En esta guía también se tienen en cuenta las normas de seguridad pertinentes sobre la gestión previa a la disposición final de los desechos radiactivos [2] y sobre la disposición final de esos desechos [5, 13].

## OBJETIVO

1.6. El objetivo de la presente guía de seguridad es formular recomendaciones sobre la preparación y el examen de evaluaciones de la seguridad para las actividades de clausura. También se proporcionan orientaciones relativas al examen de esas evaluaciones. Otro objetivo de esta guía es prestar asistencia a los reguladores, explotadores y especialistas técnicos de apoyo para la aplicación de un enfoque graduado en la preparación y el examen de las evaluaciones de la seguridad.

1.7. En esta guía de seguridad se proporcionan orientaciones para establecer un marco reglamentario en el que la evaluación de la seguridad se elabore como parte del plan de clausura de una instalación. Ahora bien, es sabido que a nivel internacional se aplican varios enfoques, por ejemplo: las evaluaciones se consignan en un documento separado o forman parte del plan de clausura o bien se utilizan para apoyar dicho plan pero no están sujetas a controles reglamentarios separados. Las orientaciones que se facilitan en esta guía se pueden aplicar cualquiera que sea el enfoque adoptado para las evaluaciones o la forma de abordar el proceso de evaluación en un marco reglamentario nacional.

## ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.8. Las orientaciones se proporcionan con miras a su aplicación en la preparación o el examen de las evaluaciones de la seguridad destinadas a apoyar las estrategias, los planes o las actividades de clausura.

1.9. En la presente guía de seguridad se proporcionan orientaciones sobre una metodología sistemática para analizar las actividades planificadas y los posibles accidentes durante el proceso de clausura a fin de evaluar sus consecuencias radiológicas para los trabajadores, la población y el medio ambiente. Dichas orientaciones se aplican a todos los tipos de instalaciones (p. ej., centrales nucleares, reactores de investigación, instalaciones del ciclo del combustible nuclear, laboratorios de investigación e instalaciones médicas). Por consiguiente, se recomienda adoptar un enfoque graduado para la preparación y el examen de estas evaluaciones de la seguridad. Las orientaciones de la presente guía se aplican igualmente a las instalaciones auxiliares de superficie (p. ej., instalaciones de almacenamiento) ubicadas en emplazamientos de disposición final de desechos radiactivos, que a la larga deberán someterse a un proceso de clausura. También se toman en cuenta aspectos específicos relacionados con la evaluación de la

seguridad según las diferentes estrategias de clausura que se apliquen (desmantelamiento inmediato, desmantelamiento diferido o enterramiento).

1.10. En esta guía de seguridad se aborda la aplicación de la metodología de evaluación de la seguridad en toda la planificación y ejecución de las actividades de clausura, incluido cualquier período de desmantelamiento diferido después de la parada definitiva, hasta la liberación definitiva del control reglamentario del emplazamiento. Se presta especial atención a los posibles cambios de las condiciones y los peligros radiológicos, así como a los riesgos<sup>4</sup> asociados, durante el proceso de clausura.

1.11. La presente guía de seguridad no se aplica a las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos o a las colas de extracción y tratamiento del uranio, que se abordan en las referencias [5 y 14]. Tampoco se aplica a la rehabilitación de zonas contaminadas por actividades y accidentes pasados, acerca de la cual se proporcionan orientaciones en las referencias [15 y 16]. No se proporcionan orientaciones sobre la evaluación del impacto ambiental prevista en el plan de clausura (véanse las referencias [9 a 11]), como tampoco sobre el transporte fuera del emplazamiento, que se aborda en la referencia [17].

1.12. Si bien en la presente guía de seguridad se hace referencia a la gestión de materiales durante el proceso de dispensa y a la liberación de un emplazamiento como parte de la clausura, en ella no se proporcionan orientaciones sobre la elaboración de criterios para la liberación de materiales y emplazamientos del control reglamentario. En las referencias [7 y 12] se proporcionan orientaciones acerca de esos aspectos.

1.13. Con arreglo a la legislación nacional, en la evaluación de la seguridad para la clausura se deberían abordar los peligros no radiológicos para los trabajadores, la población y el medio ambiente. Sin embargo, las repercusiones específicas de esos peligros en la seguridad y la protección apropiada de la salud humana y el medio ambiente no están abarcadas en el ámbito de aplicación de la presente guía. Los peligros no radiológicos solo se mencionan en ella con fines ilustrativos o por su posible repercusión en la evaluación de la seguridad radiológica.

---

<sup>4</sup> En la presente guía de seguridad, por “riesgo” se entiende una cantidad multiatributiva con la que se expresa un riesgo en sentido general, peligro o posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales. El concepto de riesgo guarda relación con cantidades como la probabilidad de determinadas consecuencias dañinas y la magnitud y el carácter de tales consecuencias [3].

## ESTRUCTURA

1.14. En la sección 2 de la presente guía de seguridad se describen los objetivos y el alcance de las evaluaciones de la seguridad para la clausura de instalaciones. La sección 3 contiene consideraciones generales relativas a esas evaluaciones. En la sección 4 se proporcionan orientaciones sobre una metodología sistemática para la preparación de las evaluaciones y la aplicación de un enfoque graduado. La sección 5 contiene orientaciones sobre enfoques para el examen reglamentario de las evaluaciones. En la sección 6 se aborda la intervención de las partes interesadas en las evaluaciones. Los dos anexos contienen sendos ejemplos de una lista de comprobación genérica para la determinación de peligros y de una metodología genérica para la realización de exámenes.

## **2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD**

2.1. Como parte de su responsabilidad por todos los aspectos relativos a la seguridad y la protección ambiental durante las actividades de clausura, con arreglo a lo establecido en el párrafo 3.8 de la referencia [1], el explotador debería realizar una evaluación apropiada de la seguridad a fin de:

- a) Apoyar la selección de la estrategia de clausura, la elaboración de un plan de clausura y las correspondientes actividades específicas de clausura;
- b) Demostrar que las exposiciones de los trabajadores y de la población son las más bajas que puedan razonablemente alcanzarse (ALARA) y no rebasen los límites o restricciones pertinentes [3].

2.2. La evaluación de la seguridad para la clausura tendría que estar en conformidad con el plan de clausura [1 y 9 a 11] y con otros requisitos y estrategias pertinentes tanto nacionales como específicos del emplazamiento, por ejemplo, los requisitos relativos a la gestión de los desechos radiactivos y a la liberación de los materiales y los emplazamientos del control reglamentario.

### 2.3. La evaluación de la seguridad para la clausura debería:

- a) Documentar de qué manera se cumplen los requisitos y criterios reglamentarios para fundamentar la autorización<sup>5</sup> de las actividades de clausura propuestas;
- b) Abarcar una evaluación sistemática del carácter, la magnitud y la probabilidad de los peligros y sus consecuencias radiológicas para los trabajadores, la población y el medio ambiente tanto en el contexto de las actividades planificadas como en condiciones de accidente;
- c) Cuantificar la reducción sistemática y progresiva de los peligros radiológicos que deba conseguirse mediante las actividades de clausura;
- d) Determinar las medidas de seguridad, los límites de control y las condiciones que deberán aplicarse a las actividades de clausura para garantizar el cumplimiento y el respeto de los requisitos de seguridad pertinentes durante todo el proceso de clausura;
- e) Demostrar, cuando proceda, que los controles institucionales aplicados después de la clausura no supondrán una carga indebida para las generaciones futuras;
- f) Aportar elementos para la planificación de emergencia dentro y fuera del emplazamiento, así como para la adopción de disposiciones relativas a la gestión de la seguridad;
- g) Contribuir a la determinación de las necesidades de capacitación para la clausura y de las competencias del personal encargado de las actividades de clausura.

2.4. La evaluación de la seguridad para la clausura se debería examinar, y actualizar cuando proceda, a medida que avancen las actividades de clausura para cerciorarse de que siga siendo una representación precisa del estado físico, químico y radiológico de la instalación.

---

<sup>5</sup> Por “autorización” se entiende la concesión, por parte de un órgano regulador u otro órgano gubernamental, de un permiso por escrito para que un explotador realice actividades especificadas.

### **3. ASPECTOS GENERALES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA**

#### **ENFOQUE GRADUADO**

3.1. La evaluación de la seguridad debe abarcar una amplia gama de actividades de clausura y su alcance, magnitud y grado de detalle deberían ser acordes con los tipos de peligros y sus posibles consecuencias. Por consiguiente, en la preparación y el examen de esas evaluaciones tendría que aplicarse un enfoque graduado, es decir, un proceso por el cual el nivel de análisis, la documentación y las medidas necesarias para cumplir los requisitos y criterios de seguridad se correspondan con los factores enumerados en el párrafo 3.3.

3.2. El enfoque graduado se tendría que aplicar de una manera que no comprometa la seguridad sino que garantice el cumplimiento de todos los requisitos y criterios de seguridad pertinentes.

3.3. Al aplicar el enfoque graduado se deberían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) La finalidad de la evaluación (p. ej., para su utilización ya sea en el plan final de clausura o en una fase de la clausura o bien en una etapa del plan de clausura);
- b) El alcance de la evaluación (p. ej., una parte de una instalación, una de las instalaciones de un emplazamiento donde existan varias instalaciones o la totalidad de un emplazamiento);
- c) El tamaño y el tipo de la instalación (incluido su grado de complejidad);
- d) El estado físico y radiológico de la instalación al comienzo de las actividades de clausura (p. ej., en parada después del funcionamiento normal o en parada después de un incidente o un accidente; en parada después de un período prolongado de mantenimiento deficiente; incertidumbre acerca del estado de la instalación) y, en particular, los posibles efectos del envejecimiento en el estado de las construcciones o en el funcionamiento de las medidas tecnológicas de seguridad;
- e) El grado de complejidad de las actividades de clausura;

- f) Incertidumbres, por ejemplo, acerca de la calidad de la caracterización de la instalación, y de la fiabilidad y disponibilidad de los elementos de información de apoyo pertinentes (p. ej., dibujos, registros de modificaciones) que se utilizarán como datos iniciales en la evaluación de la seguridad;
- g) El peligro radiológico (término fuente), por ejemplo, el inventario de actividad de la instalación (p. ej., la contaminación superficial, la contaminación masiva); las características radiológicas (p. ej., presencia de radionucleidos de período corto o de período largo, presencia de radionucleidos emisores alfa); el estado químico y físico de los materiales radiactivos (p. ej., sólido, líquido, gaseoso; fuentes selladas; materiales que generan calor, materiales combustibles);
- h) La probabilidad de los peligros y sus posibles consecuencias no mitigadas, teniendo en cuenta las características del emplazamiento (p. ej., sucesos sísmicos, inundaciones, influencia o dependencia de eventuales instalaciones cercanas) y la presencia y el tipo de posibles sucesos iniciadores de secuencias de incidentes/accidentes (p. ej., error humano, incendio, inundación, caída de cargas, derrumbamiento o deterioro de edificios o estructuras, productos químicos, temperaturas extremas);
- i) La índole y la fiabilidad de las medidas de seguridad (p. ej., sistemas de seguridad, controles operacionales) que podrían establecerse o se hayan establecido para la protección contra los accidentes o la mitigación de sus consecuencias;
- j) Los requisitos y criterios de seguridad que servirán de referencia para evaluar los resultados;
- k) El estado final de la instalación una vez concluida su clausura (p. ej., uso irrestricto o uso restringido);
- l) La disponibilidad de evaluaciones de la seguridad aplicables a la instalación o a instalaciones similares y los elementos innovadores de las actividades de clausura previstas;
- m) La medida en que la clausura podría afectar negativamente a operaciones en curso importantes desde el punto de vista de la seguridad en otras partes de la instalación o en instalaciones cercanas (p. ej., las que tengan servicios comunes).

3.4. Al evaluar la seguridad de las instalaciones para cuya clausura se haya elegido un enfoque gradual (paso a paso) se deberían tener en cuenta las fases, la índole de las actividades de clausura y los peligros que estas entrañen, que pueden diferir según las fases. En cada fase de la clausura tendría que aplicarse un enfoque graduado.



3.5. El enfoque graduado descrito en la presente guía de seguridad aborda los aspectos radiológicos. Sin embargo, el explotador también debería tener en cuenta peligros no radiológicos pertinentes a raíz de los cuales tal vez sea preciso ampliar el alcance de la evaluación de la seguridad. La consideración de los peligros no radiológicos en el contexto del enfoque graduado no está abarcada en el ámbito de aplicación de esta guía.

## PELIGROS DURANTE LA CLAUSURA

3.6. En la evaluación de la seguridad se deberían tener en cuenta todos los peligros pertinentes (p. ej., causas de daño) para los trabajadores, la población y el medio ambiente, entre ellos:

- a) Las exposiciones a la radiación, por ejemplo, la exposición externa causada por la radiación directa y otras fuentes de radiación (incluida la criticidad), la exposición interna por inhalación o ingestión o por cortes y abrasiones, y las emisiones incontroladas de radionucleidos debidas a pérdidas de contención;
- b) Los materiales tóxicos y otros materiales peligrosos, por ejemplo, asbestos, materiales inflamables, sustancias carcinógenas, productos químicos utilizados para descontaminar, asfixiantes<sup>6</sup>;
- c) Peligros industriales, por ejemplo, caída de cargas, tareas de altura, incendios, altas temperaturas, altas presiones, ruidos, polvos y asbestos.

3.7. Se deberían tener en cuenta los efectos combinados y acumulativos de estos peligros, así como el alcance de sus posibles consecuencias radiológicas (p. ej., un incendio que provoque una pérdida de contención) para los trabajadores, la población y el medio ambiente.

3.8. Los sucesos iniciadores<sup>7</sup> y la secuencia de los sucesos a raíz de los cuales podrían concretarse los posibles efectos dañinos de estos peligros se deberían determinar y evaluar mediante un proceso sistemático, según se describe en la sección 4.

---

<sup>6</sup> En la presente guía de seguridad, por “asfixiantes” se entienden gases (p. ej., acetileno, nitrógeno) cuya presencia en una atmósfera en altas concentraciones provoca una reducción de la concentración de oxígeno por desplazamiento o por dilución.

<sup>7</sup> Por “suceso iniciador” se entiende un suceso identificado del que se derivan incidentes operacionales previstos o condiciones de accidente y que perturba las funciones de seguridad tecnológica.

3.9. Entre los sucesos iniciadores que deberían tenerse en cuenta figuran tanto los derivados internamente de las actividades de clausura o de otras actividades realizadas bajo el control general del explotador como los de origen externo, por ejemplo, condiciones climáticas extremas (inundaciones, tornados), accidentes industriales fuera del emplazamiento (nubes de vapor inflamables que provoquen incendios y explosiones, o emisiones de sustancias químicas tóxicas procedentes de instalaciones cercanas) y sucesos sísmicos.

3.10. Al evaluar la seguridad habría que tener en cuenta las posibles consecuencias durante la clausura de sucesos iniciadores previstos y, si procede, se deberían recomendar medidas de seguridad apropiadas para reducir al mínimo los riesgos y las consecuencias.

## DEFENSA EN PROFUNDIDAD

3.11. La clausura debería llevarse a cabo aplicando el principio de defensa en profundidad<sup>8</sup> para garantizar la seguridad acorde con el grado de peligro. Esto tendría que abarcar:

- a) La definición de límites, controles y condiciones operacionales apropiados para prevenir la ocurrencia de consecuencias adversas durante las actividades planificadas o como resultado de accidentes;
- b) El establecimiento de medidas protectoras a fin de garantizar que los eventuales accidentes no provoquen daños significativos para los trabajadores, la población o el medio ambiente;
- c) La aplicación de medidas adicionales para mitigar las consecuencias de los accidentes que pudieran ocurrir durante la clausura.

---

<sup>8</sup> Por “defensa en profundidad” se entiende el despliegue jerárquico a diferentes niveles de equipos y procedimientos para prevenir la escalada de incidentes operacionales previstos y para mantener la eficacia de las barreras físicas situadas entre una fuente de radiación o materiales radiactivos y los trabajadores, los miembros de la población o el medio ambiente, en estados operacionales y, en el caso de algunas barreras, en condiciones de accidente. El Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear define (en la publicación INSAG-10 [18]) cinco niveles de defensa en profundidad: a) nivel 1: prevención de funcionamiento anormal y de fallos; b) nivel 2: control de funcionamiento anormal y detección de fallos; c) nivel 3: control de accidentes en el marco de la base de diseño; d) nivel 4: control de situaciones graves en la central, incluida la prevención de la progresión de accidentes y la mitigación de las consecuencias de los accidentes graves; y e) nivel 5: mitigación de las consecuencias radiológicas de emisiones significativas de materiales radiactivos.

3.12. En la evaluación de la seguridad se deberían determinar las medidas preventivas, protectoras y mitigadoras necesarias y justificar su idoneidad y suficiencia para garantizar la seguridad durante la clausura, en cumplimiento de los requisitos y criterios de seguridad pertinentes.

3.13. Durante las actividades de clausura se suelen utilizar medidas de seguridad diferentes de las aplicadas durante el funcionamiento normal. Por ejemplo, en lugar de asegurar el cumplimiento de las funciones de seguridad<sup>9</sup> mediante estructuras, sistemas y componentes (ESC) permanentes, tal vez sea apropiado (teniendo en cuenta, por ejemplo, la duración de las actividades de clausura previstas y la viabilidad de instalar ESC permanentes) utilizar sistemas temporales o establecer controles y procedimientos administrativos para lograr el grado de seguridad requerido. Por razones similares, quizá sea necesario hacer más hincapié en las medidas mitigadoras (en lugar de las medidas preventivas y protectoras) de lo que sería normalmente aceptable en las evaluaciones de la seguridad durante la etapa operacional. La pertinencia de adoptar ese enfoque en la aplicación del concepto de defensa en profundidad se debería justificar en la evaluación de la seguridad para la clausura.

## FUNCIONES DE SEGURIDAD

3.14. La evaluación de la seguridad debería abarcar la determinación de las funciones de seguridad y sus correspondientes ESC, tanto para las actividades de clausura planificadas como para condiciones de accidente, y la demostración de su idoneidad y suficiencia. Las funciones de seguridad que deben asegurarse durante la clausura consisten en una combinación de las funciones necesarias durante el funcionamiento de la instalación y de funciones adicionales que se necesitarán a raíz de las actividades de clausura específicas que se prevea realizar (p. ej., detección y extinción de incendios durante actividades de corte y trituración). También tendrían que evaluarse los efectos de la clausura en las funciones de seguridad de las instalaciones adyacentes. Por otra parte, el

---

<sup>9</sup> Por “función de seguridad tecnológica” se entiende un objetivo específico que debe lograrse con fines de seguridad tecnológica. En la presente guía de seguridad, este concepto no se refiere únicamente a las tres funciones principales para una central nuclear (control de la reactividad, refrigeración del material radiactivo y confinamiento del material radiactivo) sino que también abarca una gama más amplia de peligros y escenarios pertinentes para las actividades de clausura. Como ejemplos de funciones de seguridad tecnológica durante esa etapa cabe mencionar, además de las tres funciones principales, las funciones de blindaje, detección de radiación y accionamiento de alarmas, extinción de incendios y ventilación.

desmantelamiento de estructuras importantes de la instalación puede abarcar la destrucción y retirada deliberadas de ESC que hayan cumplido determinadas funciones de seguridad durante el funcionamiento de la instalación (p. ej., contención, blindaje, ventilación, refrigeración). En caso de que las correspondientes ESC todavía puedan necesitarse, se las debería mantener en un estado apropiado durante la clausura. Si ello no fuera viable, las funciones tendrían que cumplirse con medios idóneos alternativos (p. ej., tiendas, instalaciones temporales, sistemas antiincendios, sistemas eléctricos, procedimientos administrativos) durante el período de tiempo que se determine sobre la base de la evaluación de la seguridad. Sería preciso demostrar la pertinencia de los medios alternativos de asegurar estas funciones. Todo cambio de las funciones de seguridad durante la clausura tendría que justificarse previamente.

3.15. Si se adopta una estrategia de desmantelamiento diferido, sería preciso dar preferencia a las funciones de seguridad que se cumplan mediante sistemas, dispositivos y métodos pasivos, recurriendo lo menos posible a ESC activos, a la intervención humana o a medios que requieran la monitorización radiológica. La evaluación de la seguridad tendría que abarcar la determinación de la idoneidad, suficiencia y fiabilidad de esas funciones de seguridad (p. ej., la función de contención) durante toda la etapa de clausura (incluidos, por ejemplo, los períodos de aplazamiento).

3.16. En caso de que se adopte una estrategia de enterramiento, la evaluación de la seguridad para las actividades de clausura previas al enterramiento (p. ej., el desmantelamiento de las estructuras internas como preparación para el enterramiento) debería estar en consonancia con el enfoque aplicado en las otras estrategias de clausura, según se expone en los párrafos 3.14 a 3.16. Además, puesto que el enterramiento requerirá la ulterior gestión a largo plazo de los desechos radiactivos, los ESC incorporados a la instalación para cumplir las funciones de seguridad tendrían que ajustarse a normas que garanticen el mantenimiento de un nivel de seguridad apropiado, por ejemplo, mediante barreras naturales, durante todo el período de enterramiento previsto [13, 19].

## OPTIMIZACIÓN

3.17. En la evaluación de la seguridad se debería determinar si la estrategia, los planes y las actividades de clausura mantendrán las exposiciones de los trabajadores y de la población en los niveles más bajos que puedan razonablemente alcanzarse y reducirán durante la clausura los riesgos

relacionados con el funcionamiento normal y/o con condiciones de accidente. Al optimizar la protección habría que considerar tanto la magnitud de las dosis individuales como la dosis colectiva, teniendo en cuenta el número de personas que podrían sufrir exposición. Para lograr estos objetivos, en la evaluación de la seguridad se debería determinar si las medidas preventivas, protectoras y mitigadoras previstas en relación con los peligros radiológicos presentan una ventaja máxima de seguridad para los trabajadores, la población y el medio ambiente, conforme a lo establecido en la referencia [3]. Ahora bien, puesto que los riesgos no radiológicos pueden contribuir de manera significativa a los riesgos generales durante la clausura, esos riesgos también tendrían que considerarse en el proceso general de optimización.

3.18. Como resultado de la optimización de la protección se deberían predecir dosis y riesgos que, además de ser los más bajos que puedan razonablemente alcanzarse, respeten los límites y las restricciones pertinentes. Sin embargo, siempre que la legislación nacional lo permita, puede ser apropiado autorizar la realización por períodos breves de actividades de mayor riesgo en casos en que su resultado directo sea una reducción significativa y a largo plazo de las dosis efectivas, de los riesgos y/o de los peligros. En esos casos, la evaluación de la seguridad para la clausura debería proporcionar una justificación de los riesgos elevados y del período durante el cual estarán presentes.

3.19. En la optimización de la protección también debería considerarse la necesidad de reducir al mínimo la generación de desechos radiactivos durante la clausura, así como las actividades de gestión de desechos necesarias a fin de garantizar el cumplimiento de los criterios de aceptación para su procesamiento, almacenamiento, transporte y disposición final.

## SEGURIDAD A LARGO PLAZO

3.20. La evaluación de la seguridad tendría que demostrar que durante todo el período de ejecución de las actividades de clausura de la instalación estas no impondrán peligros inaceptables (p. ej., de que las dosis efectivas rebasen los límites y restricciones pertinentes) o cargas indebidas a las generaciones futuras [20]. En particular, debería demostrar que, en caso de que se prevea un desmantelamiento diferido o un enterramiento, la instalación cumplirá los requisitos y criterios de seguridad pertinentes [1 y 3] durante el período de desmantelamiento diferido o de enterramiento y en el futuro se podrá clausurar en condiciones de seguridad. Si se opta por el desmantelamiento diferido o el enterramiento, la evaluación de la seguridad debería examinarse periódicamente

durante el período de clausura para tener en cuenta diversos factores, como el envejecimiento de la instalación y los resultados de la monitorización radiológica. Esos exámenes periódicos tendrían que realizarse con arreglo a los requisitos nacionales.

3.21. Si no existen criterios nacionales o específicos del emplazamiento relativos a la liberación de este para uso irrestricto, la evaluación de la seguridad para la clausura tendría que demostrar que después de la liberación del emplazamiento para uso irrestricto la dosis efectiva potencial a un miembro del grupo crítico será inferior a 0,3 mSv en un año [7] y que será optimizada. En la referencia [7] se proporciona orientación acerca de esas evaluaciones.

3.22. Si el emplazamiento se declara de uso restringido, la evaluación de la seguridad debería demostrar que una vez establecidas las restricciones la dosis efectiva no excederá de 0,3 mSv en un año y que se ha optimizado. La evaluación también tendría que demostrar que, en caso de que en el futuro no se respetaran las medidas de restricción de dosis determinadas, la dosis efectiva al grupo crítico derivada de su exposición a todas las fuentes no debería exceder de 1 mSv en un año [7].

3.23. Si se optara por el enterramiento como estrategia de clausura, sería necesario evaluar la seguridad a largo plazo conforme a lo previsto en los requisitos nacionales relativos a la gestión de los desechos radiactivos. En las referencias [13 y 19] se proporciona orientación acerca de esas evaluaciones.

## ANÁLISIS TÉCNICO

3.24. A fin de determinar los peligros pertinentes, tanto reales como potenciales, y garantizar niveles apropiados de protección y de mitigación de las consecuencias de accidentes durante la clausura, la evaluación de la seguridad debería abarcar lo siguiente:

- a) El estado físico, químico y radiológico de la instalación después de la parada, así como el grado de envejecimiento de la misma y de sus sistemas de seguridad;
- b) La fiabilidad de los ESC que aún sean necesarios para cumplir las funciones de seguridad durante la clausura, y su adecuación a las normas y los códigos técnicos aplicables;

- c) La necesidad de incorporar ESC adicionales que sean necesarios para asegurar funciones de seguridad que los ESC ya establecidos no puedan cumplir satisfactoriamente o que sea preciso incorporar como resultado de determinadas actividades de clausura previstas (véanse los párrafos 3.14 a 3.16).

3.25. En la evaluación de la seguridad se tendría que demostrar que la incorporación de todos los ESC necesarios durante la clausura se ajusta a las normas y los códigos técnicos pertinentes. También sería preciso demostrar que los ESC se someterán a pruebas e inspecciones y serán objeto de mantenimiento en el nivel requerido para que se cumplan las correspondientes funciones de seguridad, teniendo en cuenta las consecuencias no mitigadas de sus posibles fallos. En el caso de los ESC ya establecidos, la realización de esta parte de las evaluaciones de la seguridad debería basarse en la experiencia y la información (p. ej., registros de mantenimiento) procedentes de la evaluación de la seguridad utilizada para justificar dichos ESC durante el funcionamiento de la instalación.

3.26. La evaluación de la seguridad tendría que demostrar que la instalación y sus ESC se mantendrán en las condiciones necesarias para responder a las demandas que surjan durante la clausura (p. ej., cargas adicionales relacionadas con el equipo y el personal de clausura) sin dejar de asegurar todas las funciones de seguridad mientras se ejecuten esas actividades.

## GESTIÓN DE MATERIALES

3.27. La gestión de materiales es una parte importante de la clausura y abarca las actividades de segregación, categorización, cuantificación, procesamiento, almacenamiento, manipulación y registro de materiales radiactivos y no radiactivos en el emplazamiento. A fin de garantizar la protección radiológica de los trabajadores, la población y el medio ambiente durante la realización de esas actividades y de otras tareas conexas, la gestión de materiales debería tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad.

3.28. Al evaluar la seguridad sería preciso determinar las consecuencias radiológicas de:

- a) La gestión de los materiales resultantes de la clausura, como metales, escombros de edificios, líquidos y otros materiales que deberán examinarse para determinar su posible liberación del control reglamentario;

- b) La gestión de los desechos radiactivos en el emplazamiento, con inclusión de su procesamiento, manipulación y almacenamiento.

Cabe señalar que la gestión de materiales resultantes de la clausura se debería abordar en la evaluación de la seguridad, ya que tendrían que efectuarse evaluaciones por separado relativas a la dispensa [12], el transporte [17], la gestión previa a la disposición final [2] y la disposición final de los desechos radiactivos [13]. Los aspectos relacionados con la gestión de materiales (gestión de desechos y liberación de materiales del control reglamentario) se pueden documentar ya sea en la evaluación de la seguridad para la clausura o bien en otros documentos, siempre que estos sean acordes con dicha evaluación y estén vinculados con ella.

3.29. La evaluación de la seguridad para la clausura tendría que estar en consonancia con los requisitos y estrategias nacionales y específicos del emplazamiento en materia de gestión de materiales y de desechos radiactivos (véase el párrafo 2.2), y en particular se debería tener en cuenta lo siguiente:

- a) Los criterios y procedimientos relativos a la dispensa [12];
- b) Los criterios para la clasificación de los materiales y los desechos radiactivos;
- c) Los criterios de aceptación para el procesamiento, el almacenamiento, el transporte o la disposición final de los desechos radiactivos;
- d) El flujo y la cantidad de materiales y de desechos radiactivos en el emplazamiento durante la clausura;
- e) La disponibilidad (dentro y fuera del emplazamiento) de instalaciones de procesamiento y/o almacenamiento, y la capacidad de las mismas, teniendo en cuenta los materiales resultantes de otras actividades de clausura (p. ej., las realizadas en otras instalaciones u otros emplazamientos);
- f) La disponibilidad de instalaciones de disposición final y su capacidad.

## INCERTIDUMBRES

3.30. En la evaluación de la seguridad para la clausura se deberían tener debidamente en cuenta todas las incertidumbres conocidas. Por ejemplo, la calidad, fiabilidad y disponibilidad de la información derivada de la caracterización de la instalación pueden ser insuficientes; las actividades de limpieza pueden no estar bien definidas (el explotador de la instalación tal vez deba revisar el enfoque teniendo en cuenta la evolución de las condiciones en el emplazamiento); y los escenarios y las etapas del plan de clausura tal vez deban revisarse teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en las etapas anteriores



del proceso o en actividades similares en otras instalaciones u otros emplazamientos (incluida la experiencia internacional).

3.31. En los casos en que esas incertidumbres sean significativas, se debería estudiar la posibilidad de aplicar un enfoque gradual en la evaluación de la seguridad para la clausura a fin de abordar sucesivamente las distintas fases y/o etapas del plan de clausura e ir reduciendo las incertidumbres a medida que el proceso avance. Ese enfoque se caracteriza por:

- a) Ser prudencial, ya que su aplicación solo avanza cuando es posible justificar debidamente los datos iniciales, los supuestos y los métodos;
- b) Utilizar la evaluación de la seguridad para determinar puntos de aprobación adecuados para las etapas y los módulos de trabajo de la clausura;
- c) Tener en cuenta las mejores fuentes de información técnica disponibles (con inclusión de retroinformación, experiencia internacional pertinente y ensayos experimentales);
- d) Permitir el examen, la revisión y la actualización de la evaluación de la seguridad, según proceda, a medida que se disponga de información adicional derivada de las etapas anteriores de la clausura.

## SISTEMA DE GESTIÓN

3.32. Se debería establecer un sistema de gestión para la preparación, el examen y la aprobación interna de la evaluación de la seguridad como parte del plan de clausura. Este sistema tendría que ser acorde con el grado de complejidad de las actividades de clausura y los peligros y riesgos conexos en el emplazamiento. El sistema de gestión para la clausura suele ser el resultado de una modificación del sistema utilizado durante el funcionamiento normal.

3.33. El explotador debería establecer una entidad y adoptar disposiciones para la gestión y ejecución de la clausura con la función de velar por que esta se realice de forma segura (referencia [1], párrafo 7.1). Sería preciso adoptar disposiciones relativas a la gestión de la preparación de evaluaciones de la seguridad para la clausura por dicha entidad, cuyas competencias deberían abarcar, en particular, lo siguiente:

- a) Las funciones de todo el personal encargado de las actividades de evaluación de la seguridad;
- b) La gestión relacionada con los subcontratistas a los que pueda recurrirse para que se encarguen de la evaluación o presten apoyo en su realización;

- c) Las habilidades, los conocimientos especializados y la capacitación del personal, incluidos los subcontratistas, que intervenga en la realización de la evaluación (véanse los párrafos 3.35 a 3.38);
- d) El establecimiento de procedimientos para la preparación, el examen y la aprobación interna de la evaluación por el explotador, y su posterior ejecución y modificación (p. ej., teniendo en cuenta la aparición de nuevos conocimientos);
- e) El mantenimiento y el almacenamiento de los documentos y registros relacionados con la evaluación;
- f) El contacto con los órganos reguladores y otras partes interesadas para abordar cuestiones relacionadas con la evaluación;
- g) La gestión de la calidad;
- h) Las interfaces con otros planes de clausura o con otras instalaciones.

3.34. El sistema de gestión utilizado en la preparación de la evaluación de la seguridad para la clausura debería aplicarse mediante un enfoque graduado teniendo en cuenta los factores indicados en el párrafo 3.3. El diseño y la aplicación de ese sistema tendrían que corresponder tanto a las características de los peligros radiológicos como al grado de complejidad de la instalación y de las actividades de clausura. El sistema debería garantizar lo siguiente:

- a) Una definición adecuada de los objetivos y el alcance de las evaluaciones de la seguridad para la clausura;
- b) La aplicación de los procedimientos relativos a la preparación de las evaluaciones;
- c) La elaboración y aplicación de estrategias, metodologías (p. ej., para el análisis de los peligros) y procedimientos adecuados;
- d) La pertinencia, suficiencia y documentación de los datos iniciales y de los supuestos, así como de la información y las evaluaciones de apoyo;
- e) La determinación de todos los peligros pertinentes y la evaluación de los escenarios apropiados, tanto normales como de accidente;
- f) La pertinencia de los códigos informáticos y otros instrumentos de modelización para el tipo de evaluación y análisis previsto, y su correcta validación y verificación<sup>10</sup>;

---

<sup>10</sup> En la presente guía de seguridad, por “verificación del modelo” se entiende el proceso seguido para determinar si un modelo informático es una aplicación correcta del modelo conceptual o matemático al que se refiere. En relación con un código informático y otros instrumentos de modelización, la validación del modelo es el proceso seguido para determinar si un modelo es una representación adecuada del sistema real objeto de modelización, comparando las predicciones del modelo con las observaciones de ese sistema.

- g) La adecuación tanto del examen, la documentación y la notificación de la evaluación de la seguridad, así como de la información, las metodologías y la modelización en que esta se basa, y la consideración en la evaluación de la seguridad de las posibles conclusiones o recomendaciones;
- h) La actualización y el mantenimiento adecuados de las evaluaciones teniendo debidamente en cuenta: los cambios en el estado de la instalación durante el proceso de clausura; el plan de clausura; la adquisición de nuevos conocimientos; la aparición de nuevos problemas de reglamentación; las actualizaciones del inventario sobre la base de datos de muestreo y de monitorización radiológica del medio ambiente; las mediciones de las dosis ocupacionales y las emisiones radiactivas durante las actividades de clausura;
- i) La cualificación, experiencia y capacitación apropiadas del personal encargado de realizar la evaluación y la clara definición de sus responsabilidades.

## DOTACIÓN DE PERSONAL Y CAPACITACIÓN PARA LA CLAUSURA

3.35. La transición de la etapa de funcionamiento a la de clausura supone normalmente un cambio importante en los sistemas de gestión del explotador (p. ej., como resultado del paso de las operaciones rutinarias continuas a las actividades dinámicas de clausura, las cuales se basan en un proyecto y hacen más hincapié en las medidas administrativas y mitigadoras). Además, para realizar las actividades de clausura se suele recurrir en mayor medida a subcontratistas. Por otra parte, puesto que el proceso de clausura entraña riesgos diferentes de los que se plantean en la etapa de funcionamiento, la dotación de personal y la capacitación han de ser adecuadas para afrontar esos riesgos. En la evaluación de la seguridad se deberían abordar todas estas cuestiones (p. ej., teniendo en cuenta un número cada vez mayor de sucesos iniciadores debidos a errores humanos, así como la necesidad de adoptar medidas para evitar que ocurran o para mitigar sus consecuencias).

3.36. La experiencia ha demostrado que cuando se trata de actividades de clausura a corto plazo no repetitivas suele ser más apropiado recurrir a procedimientos ejecutados por personas que a sistemas de seguridad tecnológicos. Sin embargo, el control humano de las actividades múltiples y repetitivas suele ser menos fiable y debería evitarse. En la evaluación de la seguridad sería conveniente buscar un equilibrio entre la intervención de las personas y el uso de medidas tecnológicas con objeto de optimizar las medidas de seguridad protectoras y mitigadoras.

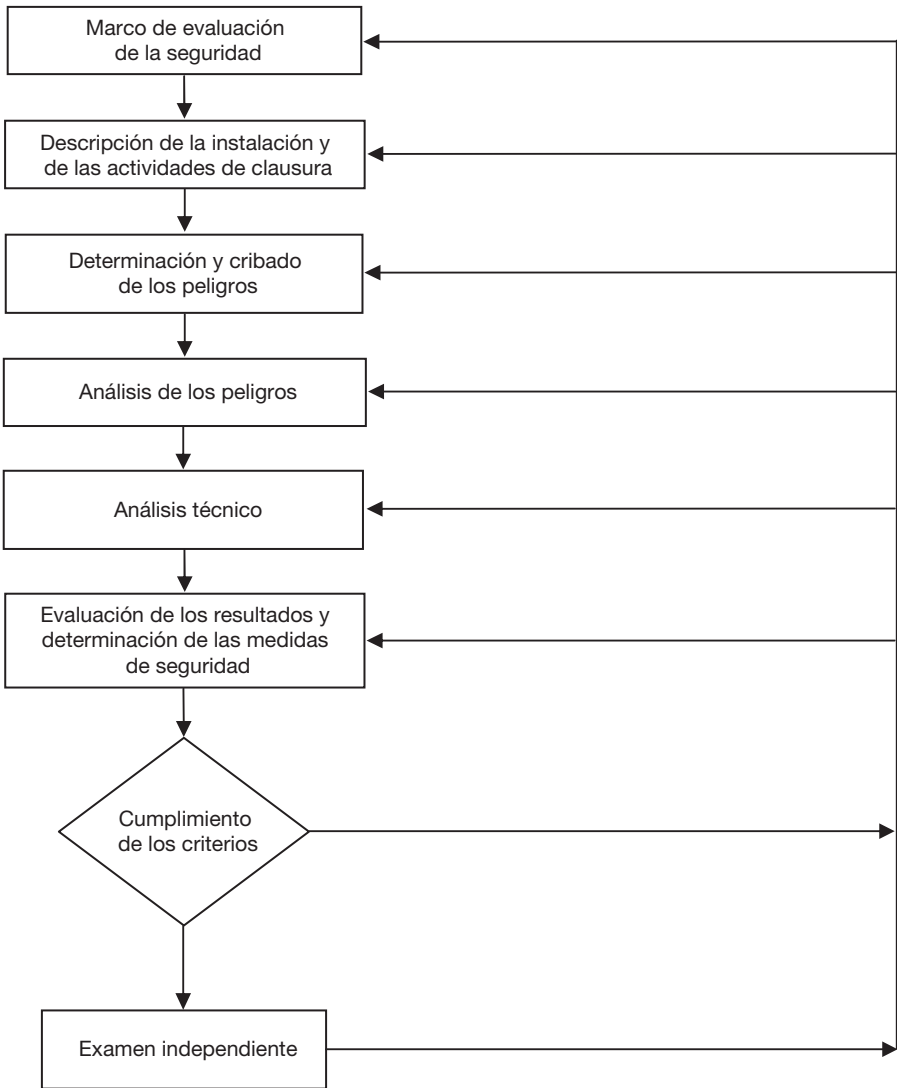
3.37. La realización de la evaluación de la seguridad para la clausura debería encomendarse a un grupo multidisciplinario con experiencia en todas las esferas técnicas pertinentes. Si bien la composición del grupo puede variar según el tipo de evaluación que deba realizarse, normalmente tendría que incluir personal con conocimientos especializados en evaluación de la seguridad (p. ej., análisis de peligros, análisis probabilista, análisis determinista), aspectos tecnológicos pertinentes (ingeniería civil, eléctrica, química, mecánica, de procesos y de control e instrumentación) y protección radiológica; seguridad industrial y gestión de desechos radiactivos y de otros materiales resultantes de la clausura. El grupo también debería contar con miembros que conozcan el diseño, el funcionamiento y la historia de la instalación, además de con los asesores especializados que pueda necesitar (p. ej., en seguridad de la criticidad, hidrogeología, factores humanos y modelos informáticos).

3.38. En la evaluación de la seguridad sería preciso especificar las necesidades de personal y sus competencias, así como la capacitación que deba impartirse y la dotación mínima para mantener la seguridad. Se deberían determinar las zonas y las tareas críticas durante la clausura en las que la dotación de personal y la capacitación desempeñen una función particularmente importante. Con respecto a esas zonas y tareas críticas, el explotador debe velar por que las competencias, la dotación de personal y la capacitación sean suficientes para mantener la seguridad en función de las condiciones analizadas y con arreglo a los requisitos y criterios de seguridad pertinentes. El nivel y el grado de detalle de la capacitación y la competencia que se requieran deberían depender de la complejidad relativa de la instalación y de las actividades de clausura.

## **4. PREPARACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD**

### **INTRODUCCIÓN**

4.1. La evaluación de la seguridad se debería preparar de forma sistemática aplicando un enfoque graduado proporcional a los peligros relacionados con la instalación y a las posibles consecuencias de las actividades de clausura objeto de evaluación. Esa evaluación tendría que basarse en el marco definido en la figura 1. Los pasos descritos en esa figura son interdependientes y deberían ejecutarse de manera iterativa, según se analiza en las secciones siguientes.



*Fig. 1. Proceso de evaluación de la seguridad.*

4.2. La evaluación de la seguridad debería basarse en un marco (véase la figura 1) en el que se definan claramente todos los requisitos previos, entre ellos su alcance y sus objetivos. La evaluación tendría que aprovechar o aportar descripciones debidamente detalladas de la instalación y de las actividades previstas en el plan de clausura. Esa información se debería utilizar para

determinar peligros reales o potenciales inherentes a la instalación, así como nuevos peligros resultantes de las actividades de clausura previstas. Los peligros pertinentes se tendrían que cuantificar con más detalle y se debería llevar a cabo una evaluación de sus consecuencias para los trabajadores y la población, junto con un análisis técnico de los ESC. Posteriormente, las dosis efectivas resultantes y los riesgos relacionados con esos peligros se tendrían que comparar con los requisitos y criterios de seguridad pertinentes establecidos en la legislación nacional, para determinar si estos se cumplirán. Por último, el análisis y sus resultados deberían ser objeto de un examen independiente (p. ej., realizado por el explotador) para generar confianza en la evaluación, con inclusión de la metodología, los datos utilizados, los supuestos, los resultados, las conclusiones y las recomendaciones. Si la comparación indicara que no se cumplirán los criterios de seguridad, sería preciso revisar la evaluación. Esa revisión podría dar lugar a modificaciones en la estrategia, el plan y las actividades de clausura, en los elementos técnicos y en las medidas protectoras, en los límites, controles y condiciones o en el tratamiento o la reducción de las incertidumbres (p. ej., en los supuestos relacionados con los inventarios), así como a la consideración de nuevos escenarios.

4.3. Como se expuso en la sección 3, debería aplicarse un enfoque graduado en cada etapa del proceso de evaluación.

4.4. Si la clausura se divide en fases y la evaluación de la seguridad no puede realizarse con el mismo grado de detalle para todas las fases (p. ej., porque no se dispone de suficiente información), la evaluación debería actualizarse a intervalos adecuados (p. ej., al menos antes del comienzo de cada nueva fase o según lo requiera el órgano regulador), teniendo en cuenta nuevos datos, como la retroinformación sobre la experiencia operacional y sobre las actividades de clausura.

## MARCO DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

4.5. El marco de evaluación de la seguridad para la clausura debería estar en consonancia con el plan de clausura y abarcar los siguientes elementos:

- a) El alcance de la evaluación (p. ej., un sistema o una instalación; el recinto del emplazamiento y las interfaces con actividades cercanas (p. ej., otras unidades que sigan funcionando en el mismo emplazamiento) o las interfaces con la construcción y el funcionamiento de instalaciones para la gestión de los desechos radiactivos) y su relación con el plan de clausura;

- b) Los objetivos de la evaluación (véase la sección 2; p. ej., justificar la estrategia y las actividades de clausura; demostrar el cumplimiento de los criterios de seguridad);
- c) Los requisitos y criterios de seguridad que deben cumplirse (p. ej., los relativos a las exposiciones de los trabajadores y de la población y a la probabilidad de que ocurran; los límites; las restricciones; los criterios de riesgo, de dispensa y de liberación de los emplazamientos; los criterios de aceptación de desechos; y la reducción al mínimo de la generación de desechos);
- d) Los productos de la evaluación (p. ej., la dosis o el riesgo efectivos). Estos productos deberían corresponder a los requisitos y criterios pertinentes del órgano regulador relativos a la seguridad, teniendo en cuenta los supuestos considerados en la evaluación, como los relativos a los calendarios, los grupos críticos y los estados finales definidos para las fases de la clausura;
- e) El enfoque adoptado para la evaluación (p. ej., determinista o probabilista, prudente o realista, genérico o específico para el emplazamiento). Ese enfoque tendría que determinarse en función del carácter de los peligros objeto de evaluación y de los correspondientes calendarios, según se expone en las secciones siguientes. Sería preciso especificar la naturaleza de los supuestos que hayan de adoptarse, así como la disponibilidad y el tipo de datos (p. ej., genéricos o específicos del emplazamiento) y el enfoque elegido para el tratamiento de las distintas fuentes de incertidumbre (p. ej., el escenario, el modelo y los datos);
- f) Los calendarios tanto para las actividades de clausura y sus diferentes fases como para los controles institucionales (p. ej., restricciones permanentes del uso del suelo) y los cálculos;
- g) Una definición clara de las fases de la clausura y de sus puntos finales, con inclusión de información específica sobre los criterios físicos, químicos y radiológicos del estado final. En ningún caso el punto final de cualquiera de las fases debería dar lugar a una situación que impida alcanzar el estado final de la clausura de la instalación;
- h) El estado final de la instalación (p. ej., uso irrestricto o restringido, edificios de la instalación que no se prevea demoler y uso de los mismos);
- i) El uso de los datos pertinentes disponibles, así como de las evaluaciones de la seguridad y de la retroinformación sobre la experiencia (p. ej., sobre la experiencia operacional en la instalación o sobre anteriores actividades de clausura en la misma instalación o en otras instalaciones del país o del extranjero);
- j) La intervención de las partes interesadas (p. ej., el órgano regulador, otras autoridades competentes, la población). Véase también la sección 6.

## DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y DE LAS ACTIVIDADES DE CLAUSURA

4.6. Para la evaluación de la seguridad debería utilizarse la siguiente información, que figura en el plan de clausura, relativa a la instalación y al suelo, los edificios y los ESC conexos y a su clausura:

- a) La instalación y los peligros conexos.
- b) Las actividades de clausura previstas. Esta información debería ser suficientemente detallada para establecer una base sólida que permita determinar los peligros potenciales de dichas actividades para los trabajadores, la población y el medio ambiente en condiciones tanto normales como de accidente.
- c) Los puntos finales y el estado final de la instalación después de la clausura (p. ej., uso irrestricto o uso restringido del suelo del emplazamiento y de los edificios que no se hayan demolido). Si la evaluación solo abarca determinadas fases de la clausura, se deberían definir los puntos finales de esas fases. En tal caso, la previsión acerca del estado final de la instalación una vez completada la clausura tendría que ser lo más detallada posible.
- d) Las medidas de seguridad adoptadas o previstas.
- e) Los sistemas comunes con otras instalaciones en funcionamiento o en proceso de clausura.

Esta información debería facilitarse con un grado de detalle acorde con los requisitos de la evaluación de la seguridad.

4.7. En la descripción de la instalación contenida en el plan de clausura [9 a 11] se tendría que aportar toda la información pertinente acerca de los siguientes aspectos:

- a) El emplazamiento y la infraestructura local: se debería facilitar información suficiente para calcular las dosis y/o los riesgos (p. ej., información sobre la distribución de la población, el uso presente y futuro del suelo, la meteorología, la geología y la sismología, la hidrología de las aguas superficiales y subterráneas, y los recursos naturales).
- b) La instalación: esta información debería abarcar todas las funciones de seguridad ya establecidas y los ESC conexos, así como la documentación de su utilización anterior y presente; su estado físico y radiológico; todos los peligros que puedan existir; y otros elementos pertinentes para la evaluación de la seguridad. En la descripción de la instalación tendría que figurar toda la información pertinente sobre los sistemas, los grandes componentes y los edificios.



- c) El inventario de los materiales radiactivos: esta información debería abarcar los radionucleidos pertinentes y la actividad calculada y medida; la distribución de los radionucleidos en construcciones y componentes contaminados y (si procede) activados; y la distribución de las tasas de dosis. La descripción tendría que basarse en estudios, cálculos y registros radiológicos suficientemente detallados.
- d) La historia operacional: en todos los casos se deberían utilizar como fuentes de información los registros operacionales, los estudios realizados dentro y fuera del emplazamiento después de la etapa operacional y la información procedente de las actividades de clausura en curso. Esto reviste particular importancia para especificar cualquier modificación en el diseño de la instalación y para detectar la contaminación adicional en edificios, estructuras y sistemas tanto de superficie como subterráneos, y la contaminación del suelo (con inclusión de las aguas superficiales y subterráneas) como resultado de incidentes o accidentes o debido a estructuras enterradas en el emplazamiento.

4.8. La descripción de las actividades de clausura tendría que abarcar:

- a) Las actividades de clausura y las técnicas que se prevea utilizar, así como la secuencia de las tareas de clausura y sus interfaces en lo que se refiere a la duración, los recursos y la utilización de locales comunes. La descripción también debería abarcar la gestión de los materiales radiactivos, los materiales peligrosos no radiactivos y otros materiales que se encuentren en el emplazamiento, incluido un inventario de los materiales resultantes de las actividades de clausura.
- b) Las instalaciones de apoyo, en la medida en que sean necesarias para realizar la clausura en condiciones de seguridad, por ejemplo, instalaciones de suministro eléctrico o instalaciones utilizadas para la gestión de los desechos radiactivos, como las de almacenamiento o acondicionamiento, los laboratorios y las instalaciones de reducción del volumen.
- c) Los sistemas y servicios comunes, si se trata de la clausura de una instalación en un emplazamiento donde haya otras instalaciones. La descripción de la instalación objeto de clausura también debería abarcar información sobre esos sistemas y servicios, así como sobre su fiabilidad para apoyar las actividades de clausura y sobre los posibles efectos de estas en otras instalaciones.

4.9. Habría que definir el estado final de la instalación después de la clausura. Según los casos, se tratará de la liberación irrestricta del emplazamiento del

control reglamentario, o bien de su liberación restringida, administrada mediante algún tipo de control institucional.

4.10. También se deberían describir, y abordar en el examen de los peligros, las medidas de seguridad de la instalación (p. ej., los procedimientos de control de tareas, el uso de equipo protector personal, los programas de capacitación y de pruebas, y los programas de protección radiológica).

## DETERMINACIÓN Y CRIBADO DE LOS PELIGROS

4.11. En la evaluación de la seguridad se deberían tener en cuenta todos los peligros pertinentes — tanto reales como potenciales — resultantes de las actividades de clausura y de su interrelación y evolución en el tiempo [1, 7], con arreglo a lo establecido en el plan de clausura y en el marco de evaluación (véase el párrafo 4.5).

4.12. Para determinar los peligros sobre la base de la descripción de la instalación y de las actividades de clausura debería adoptarse un enfoque sistemático. Los pasos que se indican a continuación se tendrían que seguir de manera iterativa a fin de determinar escenarios en condiciones normales y de accidente que puedan dar lugar a la exposición de los trabajadores y los miembros de la población o tener consecuencias adversas para el medio ambiente:

- a) Determinación de los peligros y los sucesos iniciadores: se debería tener en cuenta tanto la actividad y la ubicación del término fuente radiactivo — junto con cualquier peligro adicional resultante de las actividades o los procesos de clausura — como los sucesos iniciadores que creen condiciones capaces de provocar consecuencias perjudiciales para los trabajadores, la población o el medio ambiente;
- b) Cribado de los peligros: una vez determinados, los peligros se debería cuantificar a fin de dirigir los esfuerzos en materia de seguridad hacia todos los peligros y sucesos iniciadores significativos y pertinentes para la instalación;
- c) Determinación de escenarios: en la evaluación sería preciso determinar todos los escenarios pertinentes derivados de actividades de clausura o situaciones de accidente en que los peligros seleccionados podrían concretarse.

4.13. En el proceso de determinación y cribado de los peligros se debería tener en cuenta la complejidad relativa de la instalación y de las actividades de clausura,

así como la evolución y reducción de los peligros y riesgos a raíz del progreso de esas actividades.

### **Determinación de los peligros y los sucesos iniciadores**

4.14. En el proceso de determinación de los peligros se deberían indicar todos los lugares de la instalación donde haya materiales radiactivos (p. ej., acumulación intencional o involuntaria de materiales y desechos radiactivos, contaminación superficial, suelo contaminado, fuentes radiactivas, componentes activados y filtros de sistemas de ventilación). Se tendría que prestar especial atención a los materiales radiactivos que, debido a las actividades de clausura previstas, constituyan nuevas fuentes de exposición de los trabajadores, por ejemplo, como resultado de un cambio en un sistema de ventilación por pérdida de integridad de la contención durante el desmantelamiento de la instalación o la eliminación de un muro de blindaje.

4.15. Se debería tener en cuenta la futura acumulación de materiales en el emplazamiento, por ejemplo, en una zona de almacenamiento donde se vayan acumulando materiales radiactivos, cuya evaluación se tendría que realizar sobre la base del máximo de radiactividad que pudiera registrarse en cualquier momento. También habría que tener presente la necesidad de evitar la criticidad accidental en la zona de almacenamiento de desechos, en particular durante la clausura de una instalación de reprocesamiento.

4.16. En el proceso se deberían tener en cuenta todos los sucesos iniciadores potenciales que podrían causar daños, en particular los siguientes:

- a) Sucesos iniciadores externos:
  - Sucesos naturales, tales como condiciones meteorológicas adversas (p. ej, viento, nieve, lluvia, hielo, temperaturas extremas, inundaciones, caída de rayos), terremotos o intrusión biológica;
  - Sucesos de origen humano, como accidentes de aeronaves (con o sin incendios posteriores), explosiones, incendios, pérdida de suministro eléctrico o de otros servicios e intrusión humana (sobre todo en el caso de instalaciones en estado de desmantelamiento diferido).
- b) Sucesos iniciadores internos, en la instalación o en el emplazamiento, como incendios, explosiones, derrumbamiento de estructuras, fugas o derrames, fallos de ventilación, caída de cargas pesadas y fallos de las medidas protectoras (p. ej., fallos del blindaje o del equipo protector personal).

- c) Sucesos iniciadores inducidos por el hombre, como errores e infracciones de los operadores, y errores de identificación que den lugar a la realización de actividades incompatibles.

La experiencia ha demostrado que las evaluaciones de la seguridad para la clausura suelen hacer más hincapié en los sucesos iniciadores internos y en los inducidos por el hombre. Si procede, debería prestarse atención a los sucesos iniciadores poco probables, teniendo en cuenta los peligros reales y potenciales y la complejidad relativa de las actividades de clausura. En el anexo I se enumeran los peligros y sucesos iniciadores potenciales que deberían tenerse en cuenta en las evaluaciones de la seguridad para la clausura.

4.17. Para determinar los sucesos iniciadores y analizar su evolución tendría que emplearse una técnica apropiada (p. ej., el estudio sobre peligros y operabilidad (HAZOP) y el análisis del árbol de sucesos), así como fuentes de información pertinentes, por ejemplo, listas de comprobación, mapas de las tasas de dosis en la instalación, inventarios de desechos radiactivos y retroinformación sobre la experiencia de clausura en otras instalaciones.

4.18. Los peligros determinados se deberían cuantificar y cribar (véanse los párrafos 4.20 a 4.24) para centrar la evaluación en todos los peligros significativos y pertinentes para la instalación. Los peligros que no podrían tener consecuencias perjudiciales para los trabajadores, la población o el medio ambiente en una medida incompatible con los requisitos o criterios de seguridad pertinentes, o que no podrían concretarse habida cuenta del alcance de las actividades de clausura objeto de evaluación, pueden excluirse del ulterior análisis de los peligros.

4.19. Aun cuando la presente guía de seguridad se centra en la seguridad radiológica, los peligros no radiológicos (p. ej., la exposición a productos químicos y el impacto ambiental de materiales no radiactivos potencialmente peligrosos, como asbestos o aceite con bifenilos policlorados) también deberían incluirse según se especifique en los requisitos nacionales. Cabe señalar que los peligros no radiológicos (p. ej., los relacionados con productos químicos tóxicos y los peligros industriales) para los que existen criterios se pueden evaluar de la misma manera y estudiar con modelos similares a los utilizados en el análisis de los peligros radiológicos.

### **Cribado de los peligros**

4.20. Los peligros pertinentes durante las actividades de clausura (véase el párrafo 4.16) deberían cuantificarse sin tener en cuenta ninguna medida de

seguridad protectora o mitigadora que se prevea aplicar en la instalación en el curso de esas actividades. No obstante, deberían considerarse la ventajas derivadas de los elementos intrínsecos (pasivos) de la instalación (p. ej., muros de blindaje, dispositivos de seguridad) que se mantengan durante el proceso de clausura. Habría que dedicar más atención a los peligros que puedan tener consecuencias perjudiciales considerables a través de alguna vía determinada o a los que se consideren de alto riesgo por referencia a los criterios pertinentes.

4.21. Los peligros que no estén dentro del alcance y/o de los objetivos de la evaluación de la seguridad o que no puedan tener consecuencias que rebasen los criterios pertinentes deberían desecharse. De esa manera se reduciría la lista de peligros en los que debería concentrarse la evaluación. En las instalaciones con pocos peligros o escasa complejidad, o en los casos en que el alcance de las actividades de clausura previstas sea muy reducido, es posible que haya pocos peligros pertinentes y, por ende, solo se requiera una evaluación de la seguridad de alcance limitado.

4.22. En el proceso de cribado de los peligros se deberían tener en cuenta todas las vías de exposición en la instalación que podrían afectar tanto a los trabajadores como a los miembros de la población. Este aspecto del proceso tendría que abarcar las emisiones y exposiciones radiactivas causadas por las actividades de clausura previstas (en la medida en que esas emisiones y/o exposiciones se mantendrán por un período de tiempo relativamente largo) y por accidentes, que, como tales, son sucesos únicos. En el caso de los peligros desechados, su exclusión se debería justificar.

4.23. En el proceso de cribado de los peligros se deberían tener en cuenta todas las posibles vías de exposición a través de las cuales los peligros determinados podrían tener consecuencias perjudiciales para los trabajadores, por ejemplo:

- a) La exposición externa debida a contaminación, activación de estructuras (componentes, edificios, superficies, etc.) o de otros materiales radiactivos (p. ej., fuentes selladas, bultos de desechos radiactivos), como la producida por radiación directa de radionucleidos emisores gamma.
- b) La exposición interna debida a inhalación o ingestión de emisiones de materias suspendidas en el aire (en particular, gases, aerosoles y materias particuladas) durante la aplicación de técnicas de corte (p. ej., térmicas y mecánicas) o de descontaminación, o durante incendios, así como de aerosoles procedentes de actividades de descontaminación por baño químico o técnicas mecánicas y de otras fuentes.

- c) Una combinación de contaminación radiológica y lesiones físicas (p. ej., la contaminación de heridas).

4.24. Las vías de exposición para los miembros de la población y las emisiones al medio ambiente deberían tenerse en cuenta siempre que sea pertinente (p. ej., la falta de contención o los incendios podrían provocar la dispersión accidental de sustancias radiactivas fuera del emplazamiento). Además de las tres vías de exposición de los trabajadores indicadas en el párrafo 4.23, también habría que tener en cuenta las posibles vías de exposición de la población fuera del emplazamiento a través de cursos de agua, de corrientes de aire y/o de la cadena alimentaria.

### **Determinación de escenarios**

4.25. Sobre la base del examen de los sucesos iniciadores, de los peligros y de las vías de exposición arriba mencionados se debería establecer una lista de escenarios. En esos escenarios tendría que describirse la forma en que los peligros determinados podrían concretarse, ya sea como sucesos operacionales previstos en el funcionamiento normal o bien como accidentes. Los peligros que no puedan tener consecuencias perjudiciales significativas (según se desprenda de su comparación con los criterios de seguridad pertinentes) y para los cuales, por consiguiente, sea imposible determinar algún escenario realista y pertinente, no deberían ser objeto de ulterior consideración. No obstante, puesto que, además de las vías de emisión y los sucesos iniciadores señalados inicialmente, el examen de los escenarios normales y de accidente puede conducir a la inclusión de vías y sucesos adicionales (p. ej., escenarios con posibles efectos en las operaciones de instalaciones cercanas), sería preciso adoptar un enfoque iterativo para la determinación de esos sucesos, vías y escenarios.

4.26. Se debería analizar la probabilidad de los distintos escenarios, con las respectivas consecuencias, como base para decidir su eventual exclusión.

4.27. En la determinación de los escenarios sería preciso abordar la gestión de materiales en el emplazamiento para su dispensa o para su procesamiento, almacenamiento y disposición final como desechos radiactivos. La evaluación debería abarcar actividades como la segregación, la caracterización, la clasificación, la cuantificación, el procesamiento (p. ej., reducción del volumen, embalaje), la manipulación y el almacenamiento de los desechos en la instalación, tanto en condiciones normales como en situaciones de accidente en que puedan producirse emisiones de actividad o reducciones del blindaje (a raíz de fallos del equipo o ruptura de bultos de desechos, etc.).

## ANÁLISIS DE LOS PELIGROS

4.28. El análisis de los peligros debería tener los siguientes objetivos:

- a) Cuantificar las consecuencias radiológicas para los trabajadores y para la población derivadas de escenarios normales;
- b) Cuantificar las consecuencias radiológicas para los trabajadores y para la población derivadas de escenarios de accidente;
- c) Determinar los límites, los controles y las condiciones que sea preciso establecer para reducir las exposiciones a niveles aceptables durante las actividades de clausura;
- d) Determinar las medidas adicionales que sea preciso aplicar para prevenir los escenarios de accidente y proteger a los trabajadores y el público contra esas situaciones y/o mitigar sus consecuencias.

4.29. Para alcanzar estos objetivos se debería utilizar, según proceda, el análisis determinista y el análisis probabilista, de manera que ambos se complementen. Los métodos deterministas tendrían que aplicarse en los casos en que sea difícil asignar probabilidades realistas a los escenarios pertinentes seleccionados. Los métodos probabilistas se deberían aplicar en los casos complejos o cuando sea un requisito para el cumplimiento de los criterios de riesgo. En los escenarios de accidente, o cuando con arreglo a la reglamentación nacional sea preciso comparar determinados escenarios con los criterios de dosis a los trabajadores o a la población, habría que adoptar un enfoque determinista. Cuando se apliquen criterios de riesgo deberían emplearse métodos probabilistas que tengan en cuenta la probabilidad de los incidentes y accidentes.

4.30. En el análisis de los peligros se tendrían que determinar, abordar y documentar los siguientes aspectos:

- a) Las fuentes y la magnitud de los peligros radiológicos (p. ej., características del inventario y términos fuente: ubicaciones, dimensiones, distribución espacial, constituyentes y cantidades);
- b) Los escenarios que podrían conducir a la realización de estos peligros (p. ej., frecuencia de ocurrencia, vías de exposición, supuestos necesarios para apoyar el cálculo de las frecuencias, y consecuencias en condiciones normales y de accidente);
- c) Las consecuencias (p. ej., exposiciones ocupacionales y exposiciones de la población) con y sin aplicación de medidas protectoras/mitigadoras (p. ej., blindaje contra las altas tasas de dosis de radiación o el uso de

respiradores, o bien el uso de ventilación adicional u otro medio de control de la contaminación);

- d) Las incertidumbre y el método adoptado para analizar los peligros (p. ej., cálculo de valores extremos o estudio de sensibilidad);
- e) Las medidas preventivas, protectoras o mitigadoras que sea preciso adoptar en relación con los distintos escenarios y sus consecuencias.

4.31. Una vez cribados los peligros y escenarios y desechados los que no sean significativos, habría que aplicar un enfoque graduado y métodos apropiados para analizar los peligros y escenarios restantes. Cuando se sabe que la exposición general es baja, puede bastar un enfoque que consista en evaluar los escenarios en los que se prevean las exposiciones más altas para los trabajadores o para la población (enfoque basado en los valores extremos) excluyendo del cálculo a los demás escenarios. En el caso de las instalaciones sencillas es posible que se necesiten unos pocos escenarios extremos normales y de accidente (incluso podría bastar con un solo escenario límite). Para las instalaciones más complejas, o para aquellas en las que la exposición estimada se aproxime a los criterios de seguridad pertinentes, también habría que tener en cuenta otros escenarios.

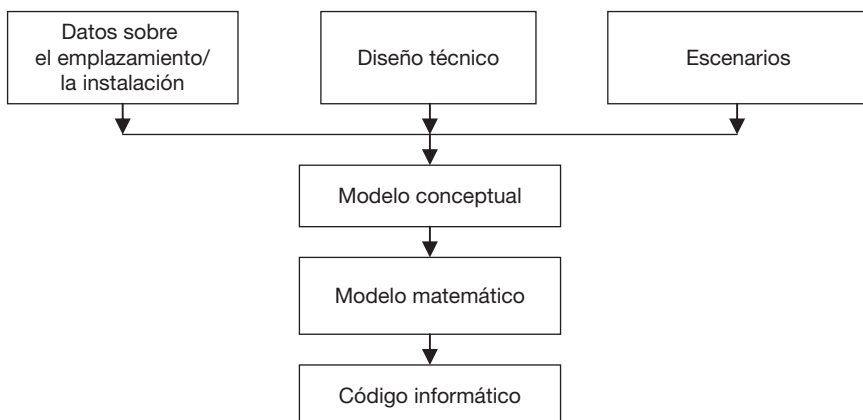
4.32. Cuando se utilizan escenarios extremos es importante cerciorarse de que abarquen los impactos máximos de los distintos escenarios. Por ejemplo, el escenario extremo puede ser un incendio con emisión al medio ambiente de grandes cantidades de materiales radiactivos, pero si otro escenario (p. ej., un accidente en que un trabajador inhalase material radiactivo durante la manipulación de desechos) causara una dosis más alta al trabajador, esta dosis estimada también se debería evaluar y tendrían que especificarse las medidas de seguridad apropiadas.

4.33. Las evaluaciones de la seguridad en relación con la liberación de emplazamientos para los que no existan criterios de liberación genéricos ni específicos del emplazamiento deberían abarcar una determinación del escenario de estado final, en situaciones tanto normales como de accidente.

4.34. En el caso de los escenarios que podrían dar lugar a emisiones dentro y fuera del emplazamiento sería necesario realizar una evaluación más detallada, acorde con el marco jurídico y reglamentario nacional.

4.35. Las consecuencias de los escenarios normales y de accidente se deberían evaluar calculando las dosis o los riesgos efectivos mediante modelos matemáticos apropiados (figura 2). Posteriormente, estas dosis o estos riesgos pueden compararse con los criterios (p. ej., límites de dosis, restricciones de





*Fig. 2. Elaboración de un modelo genérico.*

dosis, riesgos). Otra posibilidad es que las autoridades prescriban para los distintos tipos de medio ambiente concentraciones de actividad con las que deban compararse los resultados de los modelos.

4.36. El grado de complejidad de los cálculos y su alcance tendrían que determinarse en función de los peligros asociados con la instalación y con las actividades de clausura.

4.37. Para facilitar la evaluación, los métodos de modelización y de cálculo tendrían que basarse, siempre que sea posible, en modelos y códigos informáticos verificados/validados. Si se utilizan modelos o códigos informáticos nuevos, antes de utilizarlos sería necesario validarlos y verificarlos para garantizar su aplicabilidad y precisión.

4.38. Los supuestos en que se basen los cálculos (p. ej., la fracción de actividad presente en la instalación que esté suspendida en el aire, la que esté retenida en filtros o la que esté depositada en superficies) se tendrían que justificar y documentar.

## ANÁLISIS TÉCNICO

4.39. Para evaluar las funciones de seguridad y los ESC conexos deberían aplicarse normas y códigos técnicos acordes con la importancia de las funciones (p. ej., las consecuencias no mitigadas de sus fallos).

4.40. En la evaluación de la seguridad habría que determinar si los ESC ya establecidos son idóneos y suficientes para cumplir todas las funciones que se les hayan asignado en el análisis de los peligros y si permitirán reducir las dosis y los riesgos en la medida necesaria para asegurar un nivel de confianza apropiado.

4.41. La evaluación de la seguridad debería abarcar la demostración de que los ESC ya establecidos seguirán cumpliendo sus correspondientes funciones de seguridad durante todo el tiempo fijado en el plan de clausura, teniendo debidamente en cuenta el envejecimiento y otros procesos de degradación, así como las actividades de clausura invasivas (p. ej., la demolición de los muros de sustentación, la creación de un entorno polvoriento).

4.42. En la evaluación de la seguridad sería preciso determinar si para cumplir algunas funciones de seguridad se deben incorporar nuevos ESC, y confirmar que estos sean idóneos y suficientes para cumplir los requisitos y criterios de seguridad pertinentes. También se debería determinar cualquier requisito técnico en vigor que sea preciso aplicar durante la clausura (por ejemplo, requisitos relativos a la inspección, el mantenimiento y la prueba de ESC) y cualquier servicio que requiera mantenimiento, incluidos los de otras instalaciones conexas.

## EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD

4.43. Los resultados de las evaluaciones de la seguridad deberían utilizarse para demostrar el cumplimiento de los requisitos y criterios reglamentarios por referencia a las dosis efectivas (p. ej., dosis efectivas individuales anuales debidas a actividades de clausura normales, dosis efectivas individuales para el caso de incidentes o accidentes únicos) o a los riesgos. A tal efecto, esos resultados tendrían que expresarse en las mismas unidades que los criterios de seguridad pertinentes (véase la sección 3).

4.44. Habría que realizar análisis de sensibilidad para determinar y evaluar los parámetros y valores con mayor incidencia en los resultados de las evaluaciones. Si el resultado es particularmente sensible a algún parámetro o supuesto inicial, el explotador debería centrar sus esfuerzos en la reducción de las incertidumbres y volver a realizar esa parte de la evaluación.

4.45. En la evaluación de la seguridad se debería demostrar que se han establecido medidas de seguridad adecuadas en consonancia con la probabilidad

de que ocurran accidentes y sus posibles consecuencias radiológicas, a fin de probar el cumplimiento de los criterios de seguridad. Esas medidas de seguridad pueden ser:

- a) Medidas tecnológicas: medidas tecnológicas o físicas establecidas durante las actividades de clausura, como la instalación de un blindaje adicional o de nuevos filtros, un nuevo sistema de ventilación o una planta de tratamiento del agua, la instalación de tiendas temporales, el uso de instrumentos de corte que generen pocos aerosoles, la instalación de un sistema de alarma ajustado a una fracción del nivel de cumplimiento de los criterios de seguridad, el uso de equipo protector (p. ej., respiradores) o el suministro de otros sistemas de mitigación.
- b) Medidas relativas a los procedimientos: medidas administrativas aplicables a determinadas tareas de clausura, como la prescripción de procedimientos de trabajo para tareas específicas, el uso de la reducción de la actividad por desintegración radiactiva, la restricción del acceso a las zonas de radiación, o la colocación de detectores de incendios durante las operaciones de corte.

4.46. Se deberían documentar de forma adecuada todos los supuestos y resultados pertinentes de la evaluación, con inclusión de las incertidumbres y los supuestos asumidos en los casos en que no se disponga de datos específicos del emplazamiento. En particular, habría que aclarar en qué casos se han asumido supuestos basados ya sea en el establecimiento de nuevas medidas de seguridad o bien en el mantenimiento de las ya existentes. Sería preciso determinar el nivel de confianza en los resultados de la evaluación o en el margen de seguridad, así como, si fueran necesarias, las medidas que se prevea adoptar en el futuro.

4.47. Si los resultados de la evaluación de la seguridad no demuestran el cumplimiento de los requisitos o criterios de seguridad, la evaluación se debería revisar aplicando el marco contenido en la figura 1. Los resultados tendrían que utilizarse para determinar propuestas de enmienda de la estrategia, el plan o las actividades de clausura, así como medidas tecnológicas y medidas de seguridad protectoras, además de las medidas de seguridad adicionales que puedan ser necesarias a fin de cumplir los requisitos y criterios de seguridad. Se debería examinar y, si fuera necesario, revisar el tratamiento o la reducción de las incertidumbres. En caso de revisión del plan de clausura habría que volver a examinar o, si fuera necesario, revisar la evaluación de la seguridad para evaluar los cambios introducidos en el plan.

## EXAMEN INDEPENDIENTE DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

4.48. Antes de concluir la evaluación de la seguridad y de someterla a examen reglamentario el explotador debería realizar o encomendar un examen independiente en consonancia con el marco reglamentario nacional.

4.49. Teniendo en cuenta la importancia de la evaluación de la seguridad para ayudar a demostrar la seguridad durante la clausura, en el examen independiente que lleve a cabo el explotador se debería determinar lo siguiente:

- a) Si los datos y los supuestos iniciales son válidos;
- b) Si la evaluación refleja correctamente el estado real de la instalación y las actividades de clausura;
- c) Si las medidas de seguridad derivadas de la evaluación son adecuadas para las actividades de clausura;
- d) Si la evaluación se mantiene actualizada para reflejar la evolución tanto de la instalación como de su conocimiento y comprensión.

4.50. El examen debería encomendarse a personas debidamente cualificadas y experimentadas que no estén vinculadas con la entidad encargada de las actividades de clausura. El grupo de examen independiente debería tener especialistas en todos los campos pertinentes (véanse los párrafos 3.35 a 3.38) y ser independiente del grupo encargado de la evaluación de la seguridad. El examen debería llevarse a cabo de una manera sistemática y tanto el enfoque aplicado como las conclusiones y recomendaciones se tendrían que documentar con claridad y, cuando así se requiera, facilitar al órgano regulador.

4.51. Si la clausura se lleva a cabo por fases, habría que realizar un examen independiente para determinar si la evaluación de la seguridad para cada fase y etapa está en consonancia con la evaluación de la seguridad general. Antes de iniciar una nueva fase se debería efectuar un examen independiente para cerciorarse de que la evaluación de la seguridad se ha actualizado debidamente.

## **5. EXAMEN REGLAMENTARIO DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD**

### EXAMEN REGLAMENTARIO DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

5.1. El examen reglamentario de la evaluación de la seguridad se debería coordinar con el examen del plan de clausura para garantizar la coherencia y tendría que llevarse a cabo con arreglo a la legislación nacional. Las partes del plan de clausura que revisten particular importancia para la evaluación de la seguridad son: la descripción de la instalación; la estrategia de clausura; los requisitos y criterios de seguridad pertinentes; las actividades de clausura prevista; el sistema de gestión; las técnicas de clausura; la disponibilidad de servicios de apoyo; y el plan de gestión de los desechos radiactivos.

5.2. El proceso de examen reglamentario, incluido el proceso de examen de la evaluación de la seguridad para la clausura, se debería realizar en conformidad con los reglamentos nacionales y las recomendaciones internacionales pertinentes [1] y tendría que basarse en un enfoque graduado (véanse los párrafos 3.1 a 3.5). El órgano regulador debería establecer el enfoque que ha de aplicar en el examen de las evaluaciones de la seguridad para la clausura (p. ej., con respecto al cribado o al examen técnico detallado), y tendría que estar en contacto con el explotador y con otras partes interesadas para comunicarles sus expectativas y fomentar la confianza en el proceso reglamentario.

5.3. Si la clausura se realiza por fases será preciso realizar exámenes reglamentarios para cada fase, para toda la clausura y para la interrelación de las distintas fases.

5.4. Los exámenes de las evaluaciones de la seguridad deberían tener los siguientes objetivos principales:

- a) Determinar si la evaluación proporciona una base apropiada para la estrategia, el plan y las actividades de clausura que se prevé ejecutar;
- b) Apoyar el proceso de autorización de la estrategia, el plan y las actividades de clausura confirmando el cumplimiento de todos los requisitos y criterios de seguridad pertinentes;
- c) Determinar cualquier límite o condición que sea preciso aplicar durante las actividades de clausura o antes de que estas puedan iniciarse;

- d) Contribuir al proceso de liberación del emplazamiento (y, si fuera el caso, de los edificios y/o estructuras que no se hayan demolido) del control reglamentario.

5.5. Mediante los resultados del examen de la evaluación de la seguridad el órgano regulador debería comprobar lo siguiente:

- a) La coherencia de la evaluación con el plan de clausura y con otras evaluaciones de la seguridad conexas;
- b) La optimización de las actividades de clausura teniendo debidamente en cuenta las restricciones de dosis y de riesgos fijadas para las actividades previstas;
- c) El establecimiento de medidas de seguridad idóneas y suficientes (medidas relativas a los procedimientos y dispositivos de seguridad) para una ejecución segura de las actividades de clausura en consonancia con los requisitos y criterios de seguridad pertinentes y de manera optimizada;
- d) La adecuación de las medidas de vigilancia y de mantenimiento para garantizar la seguridad;
- e) La adecuación de la planificación y preparación para emergencias durante la clausura;
- f) La utilización de buenas prácticas técnicas en la elaboración de las propuestas relacionadas con la clausura.

## APLICACIÓN DE UN ENFOQUE GRADUADO POR EL ÓRGANO REGULADOR

5.6. El nivel de detalle y el alcance del examen reglamentario de las evaluaciones de la seguridad tendrían que determinarse mediante un enfoque graduado. Al aplicar ese enfoque graduado el órgano regulador debería tener en cuenta lo siguiente:

- a) Todos los requisitos y criterios de seguridad pertinentes derivados de los marcos jurídicos y reglamentarios nacionales;
- b) Las posibilidades (p. ej., en cuanto a la probabilidad y la magnitud de las consecuencias) de que a raíz de las actividades de clausura previstas se produzca una emisión incontrolada o accidental de radiactividad (p. ej., en los locales de trabajo, el emplazamiento, fuera del emplazamiento o en instalaciones cercanas);

- c) Las estimaciones de la evaluación de la seguridad relativas a las emisiones radiactivas y a las dosis a los trabajadores derivadas de las actividades de clausura previstas;
- d) El grado de complejidad y novedad de las actividades de clausura previstas;
- e) Información acerca del explotador (p. ej., el desempeño y la experiencia anteriores del explotador — o del contratista — tanto en actividades de clausura como en la elaboración de evaluaciones de la seguridad para la clausura; el grado de complejidad de la organización);
- f) Incidentes y sucesos importantes ocurridos en otras instalaciones o en instalaciones similares durante la clausura;
- g) El alcance de las actividades de clausura objeto de evaluación (p. ej., una etapa de un proyecto más amplio, un único proyecto de gran alcance, una actividad prevista con miras a la liberación final de la instalación del control reglamentario);
- h) Aspectos técnicos o relacionados con la seguridad que preocupen a otras autoridades competentes (p. ej., encargadas de supervisar la protección y la seguridad físicas o los peligros no radiológicos).

5.7. La estrategia del órgano regulador relativa al examen de las evaluaciones de la seguridad para las actividades de clausura tendría que centrarse en los aspectos de esas actividades que sean importantes desde el punto de vista de la seguridad.

5.8. A fin de apoyar la aplicación de este enfoque graduado el órgano regulador debería estudiar la posibilidad de establecer un conjunto de criterios de cribado deterministas para categorizar las instalaciones o las prácticas en función de su importancia desde el punto de vista de la seguridad (es decir, considerando la categoría de peligro más alta durante la clausura). En este caso, la importancia desde el punto de vista de la seguridad se determina teniendo en cuenta la cantidad y la forma de los materiales radiactivos que se encuentren en el emplazamiento; las actividades y los accidentes y/o derrames pasados; las posibilidades de que se produzcan incendios, episodios de criticidad y explosiones; los efectos del envejecimiento de la instalación; la competencia y el desempeño anterior del explotador y de los subcontratistas a los que este pueda recurrir; y las posibilidades de que durante las actividades de clausura ocurran emisiones de materiales radiactivos o de materiales peligrosos en condiciones tanto normales como de accidente. Si se dispone de retroinformación sobre la experiencia de clausura en instalaciones similares, el examen reglamentario tendría que centrarse en las principales diferencias entre las evaluaciones de la seguridad de esas instalaciones.

## REALIZACIÓN DEL EXAMEN REGLAMENTARIO

5.9. Los exámenes reglamentarios de las evaluaciones de la seguridad para la clausura deberían efectuarse de una manera estructurada, trazable, responsable y sistemática y estar basados en criterios de aceptación claros. El órgano regulador tendría que encomendar la gestión y ejecución de esos exámenes a personal debidamente cualificado y experimentado. Habría que documentar con claridad tanto el enfoque aplicado en los exámenes como las conclusiones y recomendaciones resultantes. En el anexo II se proporciona a título de ejemplo una lista de comprobación de los aspectos que pueden ser importantes para el examen reglamentario.

5.10. Los exámenes reglamentarios de las evaluaciones de la seguridad para la clausura deberían abarcar los siguientes elementos:

- a) Los supuestos iniciales y, si procede, los modelos utilizados para evaluar las consecuencias de los escenarios normales y de accidente;
- b) La determinación y el cribado de los peligros, sucesos iniciadores y escenarios para una consideración adecuada de todos los problemas que pudieran plantearse en materia de seguridad;
- c) El análisis de la estrategia y las actividades de clausura previstas y las pruebas de que estas permitirán reducir al mínimo las dosis y mantener los riesgos en el nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, en consonancia con la legislación nacional;
- d) La confirmación de que en el análisis de los peligros se hayan utilizado técnicas, supuestos y modelos apropiados;
- e) El tratamiento de las incertidumbres y, en particular, la confirmación de que se haya aplicado debidamente un criterio conservador y justificable para incluirlas en el análisis de los peligros;
- f) La confirmación de que las medidas, los límites, los controles y las condiciones en materia de seguridad se hayan especificado, justificado y optimizado de una manera que permita reducir al mínimo las dosis operacionales, prevenir los accidentes, determinar las medidas protectoras apropiadas y mitigar adecuadamente las consecuencias de los accidentes;
- g) El enfoque adoptado para determinar y considerar correctamente todas las funciones de seguridad necesarias, justificar debidamente todos los periodos de alto riesgo (véase la sección 4) y aplicar correctamente todos los códigos y normas;
- h) La confirmación de que tanto en el emplazamiento como a nivel nacional se hayan aplicado estrategias apropiadas para la gestión de los materiales y los desechos radiactivos;



- i) El enfoque y los resultados de los exámenes independientes y las medidas adoptadas por el explotador para garantizar su independencia;
- j) La aplicación del sistema de gestión para infundir confianza en la calidad de la evaluación de la seguridad realizada por el explotador y abordar todos los factores pertinentes (p. ej., auditoría, verificación y validación; dotación de personal debidamente cualificado y experimentado; capacitación; control de los subcontratistas; aplicación de las conclusiones y recomendaciones);
- k) Las medidas previstas para aplicar los resultados de la evaluación de la seguridad (p. ej., en materia de respuesta a emergencias, capacitación y gestión del proyecto);
- l) La confirmación de que el explotador ha interpretado correctamente los requisitos y criterios de seguridad pertinentes.

5.11. Además de la información facilitada tanto en la evaluación de la seguridad por el explotador como en otra documentación complementaria del plan de clausura, el órgano regulador debería determinar en qué medida la información sobre la experiencia adquirida en la clausura de otras instalaciones (incluso en otros países) podría utilizarse como material adicional para preparar el examen reglamentario.

5.12. En el examen reglamentario de la evaluación de la seguridad para el desmantelamiento diferido sería preciso determinar si se han tenido debidamente en cuenta los peligros y riesgos asociados con esta fase de la clausura y si se aplica un programa de mantenimiento y vigilancia adecuado. En el caso del enterramiento, el examen de la evaluación tendría que comprobar que se han cumplido los requisitos pertinentes en materia de gestión a largo plazo de los desechos radiactivos. Si las evaluaciones se basan en datos y resultados procedentes de evaluaciones anteriores, el órgano regulador debería examinar la aplicabilidad de los mismos. Cuando proceda, habría que confirmar que el alcance y los supuestos de la evaluación siguen siendo pertinentes y que se puede seguir confiando en las medidas de seguridad establecidas, tanto tecnológicas como relativas a los procedimientos.

## **6. INTERVENCIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS**

6.1. Con arreglo a lo establecido en el párrafo 5.13 de la referencia [1], se brindará a las partes interesadas la oportunidad de comunicar sus observaciones

sobre el plan final de clausura antes de su aprobación. Esto debería abarcar información sobre la evaluación de la seguridad para las actividades de clausura previstas, en consonancia con la legislación nacional. La participación de las municipalidades locales tendrá especial importancia durante el proceso de toma de decisiones relacionadas con el estado final del emplazamiento (o la instalación) una vez concluida la clausura (p. ej., la futura habilitación del suelo para su posible uso restringido). Por consiguiente, el proceso de intervención de las partes interesadas debería abarcar la participación de esas municipalidades en las evaluaciones de la seguridad relativas a los estados finales.

6.2. En este contexto, sería preciso establecer un proceso que facilite a las partes interesadas información útil y comprensible procedente de las evaluaciones de la seguridad para la clausura a fin de que puedan contribuir al proceso de toma de decisiones del órgano regulador con respecto a la aprobación del plan de clausura (p. ej., celebración de audiencias públicas o solicitud de observaciones por Internet).

## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Clausura de instalaciones que utilizan material radiactivo, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-5, OIEA, Viena (2010).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad del OIEA 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 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 del OIEA N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Geological Disposal of Radioactive Waste, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-4, OIEA, Viena (2006).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Liberación de los emplazamientos del control reglamentario después de la finalización de las prácticas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-5.1, OIEA, Viena (2010).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Management System for Facilities and Activities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-3, OIEA, Viena (2006).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, N° WS-G-2.1, OIEA, Viena, (1999).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Clausura de instalaciones médicas, industriales y de investigación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.2, OIEA, Viena (2010).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.4, OIEA, Viena, (2010).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.7, OIEA, Viena (2007).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Evaluación de la seguridad para la disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-1.1, OIEA, Viena (2004).

- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión de desechos radiactivos procedentes de la extracción y el tratamiento de minerales, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-1.2, OIEA, Viena (2010).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-3, OIEA, Viena (2003).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Proceso de rehabilitación de zonas afectadas por actividades y accidentes pasados, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-3.1, OIEA, Viena (2009).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 2005 (Corregida), Colección de Normas de Seguridad N° TS-R-1, OIEA, Viena (2010).
- [18] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, La defensa en profundidad en seguridad nuclear, Colección INSAG N° 10, OIEA, Viena (1997).
- [19] [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Almacenamiento de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-6.1, OIEA, Viena (2009).
- [20] COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1, OIEA, Viena (2007).

## Anexo I

### EJEMPLO DE LISTA DE COMPROBACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES

Sucesos	Pertinente para las actividades planeadas	Pertinente para condiciones de accidente
<b>Sucesos iniciadores internos</b>		
<i>Sucesos iniciadores radiológicos</i>		
Críticidad		
— Residuo de material fisible en líneas de equipo y del proceso		
— Residuo de líquido radiactivo fisible en tanques		
— Presencia de moderadores (p. ej., agua, cloruro de polivinilo) cerca de material fisible		
Dispersión de contaminación		
— Pérdida de integridad de la contención, pérdida de barreras		
— Desmantelamiento de elementos de contención o de barreras		
— Caída de materiales y bultos radiactivos y de desechos radiactivos		
— Limpieza de edificios (p. ej., activados o contaminados)		
Exposición externa		
— Materiales y equipo activado		
— Fuentes de radiación directa		
Exposición interna		
— Estado físico y químico de los materiales radiactivos		
Contaminación, corrosión, etc.		
— Espectro, actividad, emisores (p. ej., presencia de emisores alfa)		
— Efluentes gaseosos y líquidos		

Sucesos	Pertinente para las actividades planeadas	Pertinente para condiciones de accidente
---------	-------------------------------------------	------------------------------------------

*Sucesos iniciadores no radiológicos*

Incendio

- Técnicas de corte térmico (p. ej., con utilización de zircaloy)
- Proceso de descontaminación (p. ej., métodos químicos, mecánicos o eléctricos o métodos mixtos para eliminar la contaminación de superficies de metal, de hormigón o de otros materiales)
- Acumulación de materiales combustibles y desechos radiactivos
- Gases y líquidos inflamables

Explosión

- Proceso de descontaminación
- Polvo (p. ej., grafito, zircaloy)
- Radiólisis (p. ej., en el almacenamiento o el transporte de desechos radiactivos)
- Gases comprimidos
- Sustancias explosivas

Inundación

- Fugas de tanques de almacenamiento de líquidos
- Fugas de tuberías
- Rotura de tuberías

Materiales tóxicos y peligrosos

- Asbestos, lana de vidrio en sistemas de aislamiento térmico
- Plomo en pintura de blindaje
- Berilio y otros metales peligrosos
- Bifenilos policlorados
- Aceites
- Plaguicidas en uso
- Peligros biológicos

Sucesos	Pertinente para las actividades planeadas	Pertinente para condiciones de accidente
<b>Peligros eléctricos</b>		
— Pérdida de suministro eléctrico		
— Alto voltaje		
— Radiación no ionizante (p. ej., láseres)		
<b>Peligros físicos</b>		
— Caída de cargas pesadas		
— Caída de cargas sobre ESC importantes desde el punto de vista de la seguridad		
— Caída de cargas sobre materiales radiactivos (p. ej., bultos radiactivos)		
— Derrumbamiento de estructuras (p. ej., por envejecimiento)		
— Actividades de demolición		
— Tareas de altura		
— Altos niveles de ruido		
<b>Sucesos iniciadores debidos a factores humanos y organizacionales</b>		
— Errores del operador, infracciones		
— Entrada involuntaria a zonas de radiación		
— Errores de identificación de actividades		
— Acciones de contratistas y subcontratistas		
— Realización de actividades incompatibles		
— Inhabilitación de servicios suministrados a otras instalaciones		
— Condiciones ergonómicas deficientes		
<i>Sucesos iniciadores externos</i>		
<b>Terremoto</b>		
<b>Inundación externa</b>		
— Río		
— Mar		
— Infiltración de aguas subterráneas		
<b>Incendio externo (p. ej., en tanques de almacenamiento de aceite)</b>		

Sucesos	Pertinente para las actividades planeadas	Pertinente para condiciones de accidente
Condiciones meteorológicas extremas (p. ej., temperatura, viento, nieve)		
Peligros industriales (p. ej., explosión)		
<i>Otros sucesos iniciadores</i>		
Altas temperaturas y presiones		
Barreras corroídas		
Materiales desconocidos o sin clasificar		



## Anexo II

### EJEMPLO DE METODOLOGÍA PARA UN EXAMEN REGLAMENTARIO GENÉRICO

En el presente anexo se enumeran diversos aspectos relacionados con la seguridad a fin de prestar asistencia al órgano regulador en la realización de un examen estructurado y sistemático de las evaluaciones de la seguridad para la clausura. No se trata de proponer una lista exhaustiva, sino más bien de ilustrar los principales aspectos que es preciso abordar en ese examen reglamentario. Se proporciona orientación a los encargados de realizar el examen a fin de ayudarlos a determinar los aspectos de la seguridad relacionados con la clausura y con las evaluaciones de la seguridad conexas que deben examinar. Algunos de los aspectos que se señalan también serán pertinentes para el examen reglamentario del plan de clausura. El enfoque que se adopte para el examen puede variar según el marco jurídico y reglamentario de los países.

#### ASPECTOS PERTINENTES PARA EL EXAMEN PRELIMINAR DE ALTO NIVEL

En el examen preliminar de alto nivel se debe determinar lo siguiente:

- Si la estrategia de clausura es clara.
- Si el alcance y los objetivos de la evaluación son claros (véase el párrafo 2.3).
- Si los requisitos y criterios de seguridad pertinentes se especifican con claridad y si los resultados y las conclusiones de la evaluación están en consonancia con esos requisitos y criterios.
- Si tanto la relación de la evaluación con el plan de clausura y otros documentos pertinentes como sus referencias a los mismos son claras.
- Si la determinación de los peligros y sucesos iniciadores parece razonable y completa.
- Si los resultados de la evaluación parecen razonables teniendo en cuenta el contexto.
- Si la evaluación se ha documentado en una forma que facilite las referencias a ella en el futuro y que satisfaga los requisitos relativos a la preparación de un informe oficial.

## MARCO DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

### **Contexto de la evaluación de la seguridad**

Con respecto al contexto de la evaluación, se debe determinar si esta es acorde con:

- 1) La descripción de la instalación;
- 2) La estrategia de clausura;
- 3) Las actividades de clausura;
- 4) Los planes y las estrategias para la gestión de los desechos radiactivos.

### **Alcance de la evaluación de la seguridad**

En relación con el alcance de la evaluación de la seguridad es preciso determinar lo siguiente:

- Si el alcance de la evaluación se ha definido de manera clara e inequívoca (p. ej., si la evaluación abarca toda la clausura o una fase y/o etapa de la misma; si abarca aspectos relacionados con la gestión de materiales).
- Si la evaluación abarca las interconexiones con fases y/o etapas anteriores y sucesivas de la clausura.
- Si se describe con claridad, y se tiene en cuenta, la relación con estructuras e instalaciones cercanas, incluida la dependencia con respecto a ellas.

### **Objetivos de la evaluación de la seguridad**

Con respecto a los objetivos de la evaluación, es preciso determinar:

- Si los objetivos definidos son apropiados y abarcan todos los aspectos pertinentes señalados en el párrafo 2.3.
- Si los objetivos definidos son coherentes entre sí y apoyan el logro de los objetivos del plan de clausura.

### **Calendarios**

En cuanto a los calendarios, se debe determinar:

- Si en la evaluación se toma debidamente en cuenta el lapso de tiempo durante el cual la instalación o el emplazamiento deberán estar bajo control reglamentario y podrían representar un peligro para la población y el medio ambiente, incluidas las incertidumbres conexas.

- Si en la evaluación se tienen en cuenta todos los requisitos y criterios de seguridad pertinentes en relación con los calendarios.
- Si se definen calendarios apropiados para la aplicación de controles institucionales, según proceda.

### **Puntos finales y estado final de la clausura**

Con respecto a los puntos finales y al estado final de la clausura, se debe determinar lo siguiente:

- Si en la evaluación se describe con claridad el estado final de la instalación o el emplazamiento cuando concluyan las actividades de clausura evaluadas, con inclusión de información específica sobre los criterios físicos, químicos y radiológicos del punto final de cada fase de la clausura.
- Si la evaluación es acorde con la descripción del estado final que figura en el plan de clausura.
- Si, en caso de que la clausura se realice por fases, los datos iniciales de cada fase/etapa corresponden a los resultados de la fase/etapa anterior, y si los resultados de cada fase/etapa son acordes con las actividades previstas para la fase/etapa siguiente.
- Si, en caso de que la clausura se realice por fases, se tiene debidamente en cuenta la posibilidad de que el punto final de alguna fase impida alcanzar el estado final previsto para la instalación.

### **Requisitos y criterios**

Con respecto a los requisitos y criterios, es preciso determinar si se especifican todos los que sean pertinentes y si se definen márgenes adecuados, por ejemplo, en el caso de:

- Las dosis y los riesgos efectivos para los trabajadores y la población, en condiciones tanto normales como de accidente;
- Las dosis colectivas, etc.;
- La liberación de materiales del control reglamentario;
- La liberación de emplazamientos (para uso restringido o uso irrestricto);
- Los criterios de aceptación de desechos radiactivos para procesamiento, almacenamiento y disposición final;
- Las descargas (líquidas y gaseosas);
- La optimización (p. ej., mantener las exposiciones en el nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, reducir al mínimo los desechos radiactivos);

- El diseño y los estudios técnicos (p. ej., la aplicación de las normas y los códigos técnicos pertinentes);
- Los peligros no radiológicos;
- La participación de las partes interesadas, con arreglo a la legislación nacional.

### **Resultados de la evaluación de la seguridad**

En cuanto a los resultados de la evaluación de la seguridad, se debe determinar lo siguiente:

- Si son claros y demuestran el cumplimiento tanto de los requisitos y criterios de seguridad pertinentes como de los objetivos de la evaluación, incluidos los márgenes previstos con respecto a las incertidumbres.
- Si son adecuados para apoyar la aplicación del marco de toma de decisiones.
- Si permiten una comparación directa con requisitos y criterios de aceptación reglamentarios y/o de otra índole.

### **Enfoque de la evaluación de la seguridad**

Se debe determinar lo siguiente:

- Si el enfoque de la evaluación (p. ej., determinista y/o probabilista, conservador o realista, genérico o específico para el emplazamiento) es apropiado para lograr los objetivos definidos.
- Si el enfoque para el tratamiento de las incertidumbres es adecuado.

### **Otras evaluaciones de la seguridad y retroinformación sobre la experiencia**

En relación con otras evaluaciones de la seguridad y con la retroinformación sobre la experiencia es preciso determinar lo siguiente:

- De qué manera en la evaluación se utiliza o menciona información procedente de evaluaciones anteriores y/o retroinformación sobre la experiencia, y si su alcance, sus supuestos, etc., también son pertinentes para esta evaluación.
- Si las otras evaluaciones y la retroinformación sobre la experiencia (p. ej., relativa al funcionamiento de la instalación, a actividades de clausura anteriores en esta o en otras instalaciones, a la experiencia nacional e internacional) son pertinentes.

## DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y DE LAS ACTIVIDADES DE CLAUSURA

### **Descripción de la instalación**

Es preciso determinar lo siguiente:

- Si se proporciona una descripción adecuada de la instalación, que abarque, por ejemplo, la ubicación del emplazamiento, la distribución de la población, el uso actual y futuro del suelo, la infraestructura local, la meteorología y la climatología, la geología y la sismología, la hidrología de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas, y los recursos naturales.
- Si la información presentada es suficiente para complementar los datos iniciales y los supuestos asumidos en la evaluación.
- Si se especifican y describen adecuadamente los ESC ya establecidos que sean necesarios durante la clausura, con sus correspondientes funciones de seguridad.
- Si se describen adecuadamente otras funciones de seguridad ya establecidas en la instalación que se necesitarán durante la clausura (p. ej., procedimientos de control de tareas, uso de equipo protector personal).
- Si se determina y describe adecuadamente la presencia de sistemas comunes y otras interdependencias con otras instalaciones en explotación o en proceso de clausura.
- Si se presenta con suficiente detalle el inventario radiológico de la instalación y sus contenidos (indicando, si fuera el caso, el suelo contaminado), con inclusión de las incertidumbres conexas.
- Si se dedica suficiente atención a los aspectos pertinentes de la historia operacional de la instalación (p. ej., modificación del diseño, sucesos de contaminación).
- Si se indican y describen adecuadamente las instalaciones y los servicios de apoyo.

### **Descripción de las actividades de clausura**

Es necesario determinar lo siguiente:

- Si se indican claramente las tareas de clausura, así como su secuencia y sus interrelaciones.
- Si se describen íntegramente las técnicas de descontaminación y de desmantelamiento que han de emplearse y si estas son acordes con el plan de clausura.

- Si la descripción de las actividades de clausura indica un conocimiento adecuado de sus posibles consecuencias para la seguridad.
- Si la gestión de los desechos y otros materiales radiactivos se describe con suficiente claridad y coherencia para apoyar un análisis de sus repercusiones en la seguridad durante la clausura. En caso de que la evaluación no abarque el examen de esa gestión, se debe justificar su exclusión.

## DETERMINACIÓN Y CRIBADO DE LOS PELIGROS

### **Determinación de peligros y sucesos iniciadores**

Con respecto a la determinación de peligros y sucesos iniciadores, es preciso comprobar lo siguiente:

- Si para determinar los peligros se ha aplicado un enfoque sistemático adecuado a las circunstancias.
- Si en la evaluación de la seguridad se han tenido debidamente en cuenta todos los peligros pertinentes, reales y potenciales (véase el párrafo 4.14), incluidas sus interrelaciones y su evolución en el tiempo.
- Si se ha tomado suficientemente en cuenta la acumulación de materiales radiactivos, incluida la criticidad espontánea.
- Si el o los métodos empleados para determinar los sucesos iniciadores son instrumentos validados, probados y adecuados a la situación.
- Si se han tenido debidamente en cuenta los sucesos iniciadores internos y externos, tanto naturales como de origen humano.
- Si se han tenido debidamente en cuenta los peligros no radiológicos, cuando su examen sea pertinente para el cumplimiento de los requisitos nacionales.

### **Cribado de los peligros**

La evaluación de la seguridad abarca múltiples procesos de cribado de peligros, con respecto al cual es preciso determinar lo siguiente:

- Si en la evaluación se justifica y resume el enfoque adoptado para determinar los peligros y si este permite abordar todos los peligros pertinentes.
- Si el proceso de cribado de los peligros proporciona una estimación apropiada de las consecuencias no mitigadas de los peligros pertinentes (p. ej., que ninguna medida de seguridad protectora o mitigadora suponga

beneficios distintos de los que aportan los elementos intrínsecos (pasivos) de la instalación (véase el párrafo 4.20)) para los trabajadores y la población.

- Si en el proceso de cribado de los peligros se tienen en cuenta todas las vías de exposición pertinentes (p. ej., radiación directa, exposición externa, inhalación, ingestión, contaminación por lesiones) de los trabajadores y la población.

### **Determinación de escenarios**

Con respecto a la determinación de escenarios, es importante determinar lo siguiente:

- Si en la evaluación de la seguridad se abordan de manera adecuada los escenarios relativos a peligros durante las operaciones normales.
- Si en la evaluación se abordan de manera adecuada los escenarios de accidente que podrían ocurrir durante la clausura.
- Si en la determinación de los escenarios se ha tenido en cuenta la gestión de materiales en el emplazamiento (véase el párrafo 4.27).
- Si se han tenido en cuenta nuevas fuentes potenciales de exposición derivadas de las actividades de clausura previstas.
- Si en la evaluación se justifica y resume adecuadamente el enfoque adoptado para la exclusión de escenarios, teniendo debidamente en cuenta, por ejemplo, los riesgos contemplados en los distintos escenarios.
- Si para determinar los peligros, los sucesos iniciadores y los escenarios se ha adoptado un enfoque iterativo y si la evaluación, una vez concluida, ofrece un conjunto internamente coherente y apropiado de escenarios para llevar a cabo un análisis más a fondo.

### **ANÁLISIS DE LOS PELIGROS**

Con respecto al análisis de los peligros, es preciso determinar lo siguiente:

- Si el análisis se ha llevado a cabo con un tipo de metodología apropiado para la situación (véase el párrafo 4.29).
- Si, cuando se ha utilizado más de una metodología (p. ej., determinista y probabilista), esas metodologías se han aplicado de manera complementaria y con la debida coherencia.
- Si cada escenario se ha sometido a un análisis con el grado de detalle adecuado.

- Si los escenarios que abarcaban la posibilidad de tener consecuencias fuera del emplazamiento han sido objeto de un análisis más detallado.
- Si en el análisis de escenarios extremos, en caso de haberse efectuado, se han tenido en cuenta los impactos máximos de los distintos escenarios.
- Si el análisis de los escenarios de estado final, cuando procede, es adecuado.
- Si en el análisis de las consecuencias se aplica un modelo matemático en el que se tomen debidamente en cuenta tanto los datos procedentes del emplazamiento o la instalación como los relativos al diseño técnico.
- Si los datos y supuestos utilizados son apropiados y se han justificado y documentado.
- Si el grado de complejidad y el alcance de los cálculos relativos a los peligros están en consonancia con los peligros que entrañan la instalación y las actividades de clausura previstas.
- Si los métodos de modelización y de cálculo se han validado/verificado con suficiente rigor para garantizar su aplicabilidad y precisión.

## ANÁLISIS TÉCNICO

En relación con el análisis técnico se debe determinar lo siguiente:

- Si el análisis técnico de los ESC está en consonancia con el nivel de peligro conexo.
- Si en el análisis técnico se han aplicado normas y códigos técnicos acordes con la importancia de las funciones de seguridad que cumplen los ESC.
- Si la retirada prevista/involuntaria, durante el proceso de clausura, de ESC ya establecidos se ha analizado de forma adecuada teniendo debidamente en cuenta el carácter invasivo y dinámico de dicho proceso.
- Si en el análisis se ha tenido debidamente en cuenta la degradación relacionada con el envejecimiento y otros procesos de degradación.
- Si el análisis de los peligros demuestra que los ESC ya establecidos serán idóneos y suficientes para realizar todas las funciones que se les han atribuido en dicho análisis, y mediante ellos se podrán reducir las dosis y los riesgos en la medida necesaria para alcanzar un nivel de confianza apropiado.
- Si se ha hecho un análisis apropiado y suficiente de las funciones de seguridad que requieren la incorporación de nuevos ESC.
- Si en la evaluación de la seguridad se han determinado todos los requisitos tecnológicos pertinentes que deberán aplicarse durante la clausura (p. ej., en materia de mantenimiento, inspección y prueba de ESC).



- Si en la evaluación se han determinado algunos servicios (p. ej., suministro eléctrico, abastecimiento de agua), incluso para otras instalaciones, que deberán recibir mantenimiento durante la clausura.

## EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD

Con respecto a la evaluación de los resultados y la determinación de medidas de seguridad se debe comprobar lo siguiente:

- Si los resultados de la evaluación demuestran el cumplimiento de los requisitos y criterios de seguridad pertinentes con un margen de seguridad adecuado.
- Si se ha realizado un análisis de sensibilidad para determinar y evaluar los parámetros y valores con mayor incidencia en los resultados de la evaluación.
- Si se ha adoptado un enfoque adecuado para abordar las incógnitas e incertidumbres.
- Si se han determinado medidas de seguridad adecuadas, tanto tecnológicas como relativas a los procedimientos, (incluida la aplicación de límites y condiciones) para controlar las operaciones normales y prevenir escenarios de accidente.
- Si se han determinado medidas de seguridad adecuadas, tanto tecnológicas como relativas a los procedimientos, para la protección contra escenarios de accidente razonablemente previsible.
- Si se han determinado medidas de seguridad adecuadas, tanto tecnológicas como relativas a los procedimientos, para mitigar las consecuencias de escenarios de accidente razonablemente previsible.
- Si el explotador ha determinado medidas de seguridad para reducir las exposiciones durante las actividades de clausura al nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse.
- Si las medidas de seguridad relativas a los procedimientos, que se determinan en la evaluación, pueden aplicarse sin dificultades.
- Si se han documentado debidamente las bases y los resultados de la evaluación.
- Si, en caso de que la evaluación se refiera al desmantelamiento diferido, se han especificado adecuadamente los enfoques que se aplicarán en las actividades futuras de mantenimiento y vigilancia, y si esos enfoques están en consonancia con los peligros y riesgos que plantea el almacenamiento prolongado de desechos radiactivos.

## EXAMEN INDEPENDIENTE

Con respecto al examen independiente es preciso determinar lo siguiente:

- Si el explotador ha incluido en el plan de clausura el establecimiento de un sistema de gestión destinado a la preparación, el examen y la aprobación interna de las evaluaciones de la seguridad para la clausura que sea adecuado y esté en consonancia con el grado de complejidad de las actividades de clausura y los peligros y riesgos conexos en el emplazamiento.
- Si una vez concluida la evaluación el explotador la ha sometido a un examen adecuado, sistemático e independiente en consonancia con los requisitos y criterios de seguridad pertinentes.
- Si el examen independiente del explotador ha estado a cargo de personas debidamente cualificadas y experimentadas, con inclusión de especialistas en todos los campos pertinentes, y se ha realizado con el grado de independencia orgánica necesario.
- Si en el examen independiente del explotador se ha analizado la validez de los datos y supuestos iniciales.
- Si el examen independiente del explotador ha demostrado que la evaluación se llevó a cabo sobre la base de una representación precisa del estado real de la instalación.
- Si el examen independiente del explotador ha confirmado que las actividades de clausura evaluadas son acordes con el plan de clausura.
- Si en el examen independiente del explotador se ha analizado la adecuación de las medidas de seguridad previstas.
- Si en el examen independiente del explotador se han considerado los medios de mantener actualizada la evaluación para reflejar la evolución tanto de la instalación como, si procede, de su conocimiento y comprensión.
- Si, en caso de que se haya adoptado un enfoque de clausura por fases, en el examen independiente del explotador se ha analizado adecuadamente la coherencia entre las evaluaciones para cada fase y la coherencia con la evaluación general de la clausura.
- Si el explotador ha analizado y documentado debidamente el enfoque adoptado para realizar el examen independiente, así como las conclusiones y recomendaciones resultantes.

## COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Batandjieva, B.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Ferch, R.	Comisión Canadiense de Seguridad Nuclear (Canadá)
François, P.	Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear (Francia)
Hart, A.	Dirección de Sanidad y Seguridad (Reino Unido)
Iguchi, Y.	Organización de Seguridad de la Energía Nuclear del Japón (Japón)
Lund, I.	Autoridad Sueca de Protección Radiológica (Suecia)
Messier, C.	Dirección General de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica (Francia)
Orlando, D.	Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (Estados Unidos de América)
Thierfeldt, S.	Brenk Systemplanung (Alemania)



## ÓRGANOS ASESORES PARA LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

*El asterisco indica que se trata de un miembro corresponsal. Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación pero, generalmente, no participan en las reuniones. Dos asteriscos indican un suplente.*

### Comisión sobre Normas de Seguridad

*Alemania: Majer, D.; Argentina: González, A.J.; Australia: Loy, J.; Bélgica: Samain, J.-P.; Brasil: Vinhas, L.A.; Canadá: Jammal, R.; China: Liu Hua; Corea, República de: Choul-Ho Yun; Egipto: Barakat, M.; España: Barceló Vernet, J.; Estados Unidos de América: Virgilio, M.; Federación de Rusia: Adamchik, S.; Finlandia: Laaksonen, J.; Francia: Lacoste, A.-C. (Presidencia); India: Sharma, S.K.; Israel: Levanon, I.; Japón: Fukushima, A.; Lituania: Maksimovas, G.; Pakistán: Rahman, M.S.; Reino Unido: Weightman, M.; Sudáfrica: Magugumela, M.T.; Suecia: Larsson, C.M.; Ucrania: Mykolaichuk, O.; Viet Nam: Le-chi Dung; Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE: Yoshimura, U.; Comisión Europea: Faross, P.; Comisión Internacional de Protección Radiológica: Holm, L.-E.; Grupo Asesor sobre seguridad física nuclear: Hashmi, J.A.; Grupo Internacional de Seguridad Nuclear: Meserve, R.; OIEA: Delattre, D. (Coordinación); Presidentes de los Comités sobre Normas de Seguridad: Brach, E.W. (TRANSSC); Magnusson, S. (RASSC); Pather, T. (WASSC); Vaughan, G.J. (NUSSC).*

### Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

*Alemania: Wassilew, C.; Argelia: Merrouche, D.; Argentina: Waldman, R.; Australia: Le Cann, G.; Austria: Sholly, S.; Bélgica: De Boeck, B.; Brasil: Gromann, A.; \*Bulgaria: Gledachev, Y.; Canadá: Rzentkowski, G.; China: Jingxi Li; \*Chipre: Demetriades, P.; Corea, República de: Hyun-Koon Kim; Croacia: Valčić, I.; Egipto: Ibrahim, M.; Eslovaquia: Uhrík, P.; Eslovenia: Vojnovič, D.; España: Zarzuela, J.; Estados Unidos de América: Mayfield, M.; Federación de Rusia: Baranaev, Y.; Finlandia: Järvinen, M.-L.; Francia: Feron, F.; Ghana: Emi-Reynolds, G.; \*Grecia: Camarinopoulos, L.; Hungría: Adorján, F.; India: Vaze, K.; Indonesia: Antariksawan, A.; Irán, República Islámica del: Asgharizadeh, F.; Israel: Hirshfeld, H.; Italia: Bava, G.; Japón:*

Kanda, T.; *Libia*: Abuzid, O.; *Lituania*: Demčenko, M.; *Malasia*: Azlina Mohammed Jais; *Marruecos*: Soufi, I.; *México*: Carrera, A.; *Países Bajos*: van der Wiel, L.; *Pakistán*: Habib, M.A.; *Polonia*: Jurkowski, M.; *Reino Unido*: Vaughan, G.J. (Presidencia); *República Checa*: Šváb, M.; *Rumania*: Biro, L.; *Sudáfrica*: Leotwane, W.; *Suecia*: Hallman, A.; *Suiza*: Flury, P.; *Túnez*: Baccouche, S.; *Turquía*: Bezdegumeli, U.; *Ucrania*: Shumkova, N.; *Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Reig, J.; *\*Asociación Nuclear Mundial*: Borysova, I.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Bouard, J.-P.; *Comisión Europea*: Vigne, S.; *FORATOM*: Fourest, B.; *OIEA*: Feige, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Sevestre, B.

### Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

*Alemania*: Helming, M.; *\*Argelia*: Chelbani, S.; *Argentina*: Massera, G.; *Australia*: Melbourne, A.; *\*Austria*: Karg, V.; *Bélgica*: van Bladel, L.; *Brasil*: Rodriguez Rochedo, E.R.; *\*Bulgaria*: Katzarska, L.; *Canadá*: Clement, C.; *China*: Huating Yang; *\*Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Byung-Soo Lee; *Croacia*: Kralik, I.; *\*Cuba*: Betancourt Hernández, L.; *Dinamarca*: Øhlenschläger, M.; *Egipto*: Hassib, G.M.; *Eslovaquia*: Jurina, V.; *Eslovenia*: Sutej, T.; *España*: Amor Calvo, I.; *Estados Unidos de América*: Lewis, R.; *Estonia*: Lust, M.; *Federación de Rusia*: Savkin, M.; *Filipinas*: Valdezco, E.; *Finlandia*: Markkanen, M.; *Francia*: Godet, J.-L.; *Ghana*: Amoako, J.; *\*Grecia*: Kamenopoulou, V.; *Hungría*: Koblinger, L.; *India*: Sharma, D.N.; *Indonesia*: Widodo, S.; *Irán, República Islámica del*: Kardan, M.R.; *Irlanda*: Colgan, T.; *Islandia*: Magnusson, S. (Presidencia); *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Bologna, L.; *Japón*: Kiryu, Y.; *\*Letonia*: Salmins, A.; *Libia*: Busitta, M.; *Lituania*: Mastauskas, A.; *Malasia*: Hamrah, M.A.; *Marruecos*: Tazi, S.; *México*: Delgado Guardado, J.; *Noruega*: Saxebol, G.; *Países Bajos*: Zuur, C.; *Pakistán*: Ali, M.; *Paraguay*: Romero de González, V.; *Polonia*: Merta, A.; *Portugal*: Dias de Oliveira, A.M.; *Reino Unido*: Robinson, I.; *República Checa*: Petrova, K.; *Rumania*: Rodna, A.; *Sudáfrica*: Olivier, J.H.I.; *Suecia*: Almen, A.; *Suiza*: Piller, G.; *\*Tailandia*: Suntarapai, P.; *Túnez*: Chékir, Z.; *Turquía*: Okyar, H.B.; *Ucrania*: Pavlenko, T.; *\*Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Lazo, T.E.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Thompson, I.; *Comisión Europea*: Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Valentin, J.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas*: Crick, M.; *Oficina*

*Internacional del Trabajo*: Niu, S.; *OIEA*: Boal, T. (Coordinación); *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*: Byron, D.; *Organización Internacional de Normalización*: Rannou, A.; *Organización Mundial de la Salud*: Carr, Z.; *Organización Panamericana de la Salud*: Jiménez, P.

### **Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte**

*Alemania*: Rein, H.; \*Nitsche, F.; \*\*Alter, U.; *Argentina*: López Vietri, J.; \*\*Capadona, N.M.; *Australia*: Sarkar, S.; *Austria*: Kirchnawy, F.; *Bélgica*: Cottens, E.; *Brasil*: Xavier, A.M.; *Bulgaria*: Bakalova, A.; *Canadá*: Régimbald, A.; *China*: Xiaoqing Li; \*Chipre: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Dae-Hyung Cho; *Croacia*: Belamarić, N.; \*Cuba: Quevedo García, J.R.; *Dinamarca*: Breddam, K.; *Egipto*: El-Shinawy, R.M.K.; *España*: Zamora Martín, F.; *Estados Unidos de América*: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (Presidencia); *Federación de Rusia*: Buchelnikov, A.E.; *Finlandia*: Lahkola, A.; *Francia*: Landier, D.; *Ghana*: Emi-Reynolds, G.; \*Grecia: Vogiatzi, S.; *Hungría*: Sáfár, J.; *India*: Agarwal, S.P.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Eshraghi, A.; \*Emamjomeh, A.; *Irlanda*: Duffy, J.; *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; \*\*Orsini, A.; *Japón*: Hanaki, I.; *Libia*: Kekli, A.T.; *Lituania*: Statkus, V.; *Malasia*: Sobari, M.P.M.; \*\*Husain, Z.A.; \*Marruecos: Allach, A.; *México*: Bautista Arteaga, D.M.; \*\*Delgado Guardado, J.L.; *Noruega*: Hornkjøl, S.; \*Nueva Zelandia: Ardouin, C.; *Países Bajos*: Ter Morshuizen, M.; *Pakistán*: Rashid, M.; \*Paraguay: More Torres, L.E.; *Polonia*: Dziubiak, T.; *Portugal*: Buxo da Trindade, R.; *Reino Unido*: Sallit, G.; *República Checa*: Ducháček, V.; *Sudáfrica*: Hinrichsen, P.; *Suecia*: Häggblom, E.; \*\*Svahn, B.; *Suiza*: Krietsch, T.; *Tailandia*: Jerachanchai, S.; *Turquía*: Ertürk, K.; *Ucrania*: Lopatin, S.; *Uruguay*: Nader, A.; \*Cabral, W.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Brennan, D.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Miller, J.J.; \*\*Roughan, K.; *Asociación Nuclear Mundial*: Gorlin, S.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Comisión Europea*: Binet, J.; *Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas*: Tisdall, A.; \*\*Gessl, M.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Green, L.; *OIEA*: Stewart, J.T. (Coordinación); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.; *Unión Postal Universal*: Bowers, D.G.

## Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

*Alemania*: Götz, C.; *Argelia*: Abdenacer, G.; *Argentina*: Biaggio, A.; *Australia*: Williams, G.; *\*Austria*: Fischer, H.; *Bélgica*: Blommaert, W.; *Brasil*: Tostes, M.; *\*Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Howard, D.; *China*: Zhimin Qu; *Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Won-Jae Park; *Croacia*: Trifunovic, D.; *Cuba*: Fernández, A.; *Dinamarca*: Nielsen, C.; *Egipto*: Mohamed, Y.; *Eslovaquia*: Homola, J.; *Eslovenia*: Mele, I.; *España*: Sanz Aludán, M.; *Estados Unidos de América*: Camper, L.; *Estonia*: Lust, M.; *Finlandia*: Hutri, K.; *Francia*: Rieu, J.; *Ghana*: Faanu, A.; *Grecia*: Tzika, F.; *Hungría*: Czoch, I.; *India*: Rana, D.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Assadi, M.; *\*Zarghami*, R.; *Iraq*: Abbas, H.; *Israel*: Dody, A.; *Italia*: Dionisi, M.; *Japón*: Matsuo, H.; *\*Letonia*: Salmins, A.; *Libia*: Elfawares, A.; *Lituania*: Paulikas, V.; *Malasia*: Sudin, M.; *\*Marruecos*: Barkouch, R.; *México*: Aguirre Gómez, J.; *Países Bajos*: van der Shaaf, M.; *Pakistán*: Mannan, A.; *\*Paraguay*: Idoyaga Navarro, M.; *Polonia*: Wlodarski, J.; *Portugal*: Flausino de Paiva, M.; *Reino Unido*: Chandler, S.; *República Checa*: Lietava, P.; *Sudáfrica*: Pather, T. (Presidencia); *Suecia*: Frise, L.; *Suiza*: Wanner, H.; *\*Tailandia*: Supaokit, P.; *Túnez*: Bousselmi, M.; *Turquía*: Özdemir, T.; *Ucrania*: Makarovska, O.; *\*Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea*: Necheva, C.; *\*European Nuclear Installations Safety Standards*: Lorenz, B.; *Zaiss*, W.; *OIEA*: Siraky, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.





# 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:compras@diazdesantos.es), [carmela@diazdesantos.es](mailto:carmela@diazdesantos.es), [barcelona@diazdesantos.es](mailto:barcelona@diazdesantos.es), [julio@diazdesantos.es](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](http://www.libreriaaeiou.eu)

## JAPÓN

Maruzen Company Ltd, 1-9-18, Kaigan, Minato-ku, Tokyo, 105-0022  
Teléfono: +81 3 6367 6079 • Fax: +81 3 6367 6207  
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>

## Seguridad mediante las normas internacionales

*“Los Gobiernos, órganos reguladores y explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines benéficos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.”*

Yukiya Amano  
Director General

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA

ISBN 978-92-0-333410-5

ISSN 1020-525X