

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

# COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Protección  
radiológica y gestión  
de desechos radiactivos  
en la explotación  
de centrales nucleares

## GUÍA DE SEGURIDAD

Nº NS-G-2.7



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

## PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

### NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

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

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

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

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

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

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

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

### OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

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

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

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

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA  
Y GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS  
EN LA EXPLOTACIÓN DE CENTRALES NUCLEARES

## Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

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

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

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

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

COLECCIÓN DE  
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° NS-G-2.7

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA  
Y GESTIÓN DE DESECHOS  
RADIATIVOS  
EN LA EXPLOTACIÓN DE  
CENTRALES NUCLEARES  
GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2010

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

## 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, 2010  
Impreso por el OIEA en Austria  
Diciembre de 2010

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA  
Y GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS  
EN LA EXPLOTACIÓN DE CENTRALES NUCLEARES  
OIEA, VIENA, 2010  
STI/PUB/1138  
ISBN 978-92-0-312610-6  
ISSN 1020-5837

## PRÓLOGO

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

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

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

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

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

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisibles y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la base de

## Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

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

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

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

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

### NOTA EDITORIAL

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

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

*El texto en inglés es la versión autorizada.*

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
	Antecedentes (1.1 a 1.5) .....	1
	Objetivo (1.6) .....	2
	Ámbito de aplicación (1.7 a 1.9) .....	2
	Estructura (1.10) .....	2
2.	REQUISITOS APLICABLES Y OBJETIVOS .....	3
	Requisitos aplicables (2.1 a 2.8) .....	3
	Aplicación de límites de dosis (2.9 a 2.13) .....	6
	Optimización de la protección (2.14 a 2.33) .....	7
	Programas y aspectos organizativos (2.34 a 2.44) .....	13
	Garantía de calidad (2.45 a 2.46) .....	15
	Incidentes y emergencias (2.47 a 2.50) .....	15
3.	PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA .....	17
	Consideraciones generales (3.1 y 3.2) .....	17
	Clasificación de las zonas de trabajo y control de accesos (3.3 a 3.15) .....	18
	Reglas locales y supervisión del trabajo (3.16 a 3.18) .....	21
	Monitorización del lugar de trabajo y monitorización individual (3.19 a 3.38) .....	21
	Planificación del trabajo y permisos de trabajo (3.39 a 3.47) .....	26
	Ropa y equipo de protección (3.48 a 3.55) .....	28
	Instalaciones, blindaje y equipo (3.56 a 3.60) .....	30
	Vigilancia de la salud (3.61 a 3.66) .....	31
	Aplicación del principio de optimización de la protección (3.67 a 3.75) .....	32
	Reducción de las fuentes de radiación (3.76 a 3.80) .....	35
4.	PROGRAMA DE GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS, INCLUIDO EL CONTROL DE DESCARGAS .....	36
	Consideraciones generales (4.1 y 4.2) .....	36
	Generación de desechos radiactivos (4.3 a 4.8) .....	38
	Clasificación y segregación de desechos (4.9 a 4.16) .....	40

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

Almacenamiento y caracterización de desechos radiactivos (4.17 a 4.23) . . . . .	41
Procesamiento de desechos radiactivos (4.24 a 4.40) . . . . .	43
Transporte de desechos radiactivos (4.41 a 4.44) . . . . .	46
Control de descargas y vigilancia del cumplimiento (4.45 y 4.55) . . .	47
Mantenimiento de las instalaciones y el equipo (4.56 a 4.58) . . . . .	50
5. CAPACITACIÓN (5.1 A 5.11) . . . . .	51
6. REGISTROS . . . . .	54
Consideraciones generales (6.1 a 6.3) . . . . .	54
Evaluación de dosis, vigilancia médica y capacitación en protección radiológica (6.4 a 6.6) . . . . .	55
Reconocimientos radiológicos, calibración de instrumentos y permisos de trabajo con radiaciones (6.7 a 6.9). . . . .	56
Gestión de desechos y fuentes radiactivas (6.10 a 6.12) . . . . .	56
Descargas y monitorización del medio ambiente (6.13 y 6.14). . . . .	57
REFERENCIAS . . . . .	59
ANEXO I: CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN ÁREAS CONTROLADAS DE CENTRALES NUCLEARES . . . . .	63
ANEXO II: MEDIDAS PARA REDUCIR LAS DESCARGAS DE DESECHOS RADIATIVOS GASEOSOS Y LÍQUIDOS PROCEDENTES DE CENTRALES NUCLEARES . . . . .	64
ANEXO III: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS DISTINTAS CLASES DE DESECHOS . . . . .	66
GLOSARIO . . . . .	67
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN . . . . .	71
ÓRGANOS ASESORES PARA LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD . . . . .	73

# 1. INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

1.1. En el programa de Normas de seguridad del OIEA se ha asignado prioridad a la revisión de los Requisitos de seguridad y de las Guías de seguridad en la esfera de la explotación de centrales nucleares. El Código sobre la seguridad de las centrales nucleares: Explotación, publicado en 1988, ha sido reemplazado por la publicación “Seguridad de las centrales nucleares: Explotación” Colección de Normas de Seguridad N° NS-R-2 [1].

1.2. La labor se ha centrado en la revisión de las distintas Guías de seguridad en las que se formulan recomendaciones sobre los medios de garantizar el cumplimiento de los requisitos revisados. La Guía de seguridad *Radiation Protection during the Operation of Nuclear Power Plants*, Colección de Seguridad N° 50-SG-O5, publicada en 1983, no estaba en conformidad con las Normas básicas internacionales para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (las NBS), Colección de Seguridad N° 115, publicadas en 1996 [2].

1.3. La presente Guía de seguridad reemplaza a las publicaciones *Radiation Protection during the Operation of Nuclear Power Plants*, Colección de Seguridad N° 50-SG-O5, y *Operational Management for Radioactive Effluents and Waste Arising in Nuclear Power Plants*, Colección de Seguridad N° 50-SG-O11, publicadas in 1986.

1.4. En la presente Guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en las referencias [1] y [2], así como de los principios y requisitos establecidos en las publicaciones *Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources*, Colección de Seguridad N° 120 [3]; Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección de Seguridad N° 111-F [4]; y Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de normas de seguridad N° WS-R-2 [5].

1.5. Para preparar la presente Guía de seguridad se han consultado recomendaciones y orientaciones sobre seguridad radiológica y gestión de desechos formuladas en otras publicaciones del OIEA, cuyas referencias se indican en el texto. Entre las referencias figuran las Guías de seguridad sobre Protección radiológica ocupacional [6] y sobre Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente [7].

## OBJETIVO

1.6. La finalidad de la presente Guía de seguridad es formular recomendaciones para el órgano regulador centradas en los aspectos operacionales de la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos de las centrales nucleares, así como en los medios de garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos en las publicaciones de Requisitos de Seguridad pertinentes. Esta Guía también será de utilidad para el personal directivo superior de las entidades licenciadas o contratistas encargado de establecer y administrar los programas de protección radiológica y de gestión de desechos radiactivos.

## ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.7. En la presente Guía de seguridad se formulan recomendaciones generales para la elaboración de programas de protección radiológica en centrales nucleares. Posteriormente, estos aspectos se abordan con más detalle al definir los principales elementos de dichos programas. Se presta especial atención a los siguientes aspectos: clasificación de zonas, monitorización y supervisión de los lugares de trabajo, aplicación del principio de optimización de la protección (también denominado ‘principio del valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse’ (ALARA)), e instalaciones y equipo.

1.8. En la presente Guía de seguridad se examinan todos los aspectos relacionados con la seguridad de un programa de gestión de desechos radiactivos en una central nuclear. Se hace hincapié en la minimización tanto de la actividad como del volumen de los desechos. Se abarcan las distintas etapas de la gestión previa a la disposición final de los desechos, a saber: el procesamiento (tratamiento previo, tratamiento y acondicionamiento), el almacenamiento y el transporte. Se examinan cuestiones relacionadas con las emisiones de efluentes, la aplicación de los límites autorizados y los niveles de referencia, así como los principales elementos de un programa de monitorización del medio ambiente.

1.9. En la presente Guía de seguridad no se aborda la clausura de centrales nucleares, tema analizado en la referencia [8].

## ESTRUCTURA

1.10. En la sección 2 se resumen los requisitos pertinentes en materia de protección radiológica y gestión de desechos radiactivos en la explotación de

centrales nucleares, como la aplicación de límites de dosis y del principio de optimización, junto con otros aspectos de carácter organizativo. En la sección 3 se formulan recomendaciones relativas al establecimiento de un programa de protección radiológica para la explotación de una central nuclear. En la sección 4 se formulan recomendaciones para reducir al mínimo la generación de desechos radiactivos, garantizar su manipulación y procesamiento en condiciones de seguridad, y llevar a cabo la monitorización y el control de los efluentes y las descargas. En la sección 5 se describe un programa de capacitación como elemento crucial para la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos. En la sección 6 se indican los registros correspondientes a los distintos aspectos abordados en la presente Guía de seguridad. En el anexo I figura un ejemplo de clasificación de zonas de radiación. En el anexo II se indican medidas generales para reducir las emisiones de sustancias radiactivas al medio ambiente. En el anexo III se señalan las características típicas de las distintas clases de desechos.

## **2. REQUISITOS APLICABLES Y OBJETIVOS**

### **REQUISITOS APLICABLES**

2.1. A continuación se indican los requisitos y principios aplicables establecidos en las normas de seguridad pertinentes [1 a 4] para proteger contra la radiación ionizante al personal del emplazamiento (todas las personas que trabajan en la zona del emplazamiento), a los miembros de la población y al medio ambiente durante la vida operacional de una central nuclear.

2.2. “No debería ser autorizada ninguna práctica o fuente adscrita a una práctica a no ser que la práctica produzca a los individuos expuestos o a la sociedad un beneficio suficiente para compensar los daños por radiación que pudiera causar, es decir: a no ser que la práctica esté justificada, teniendo en cuenta los factores sociales y económicos así como otros factores pertinentes” (referencia [2], párrafo 2.20). La presente Guía de seguridad se refiere a la explotación de una central nuclear justificada. Para decidir que esa práctica está justificada se tienen en cuenta, además de consideraciones relativas a la protección y la seguridad, factores más amplios de tipo económico, social y político.

2.3. “La exposición normal de los individuos se deberá restringir de modo que ni el total de la dosis efectiva ni el total de la dosis equivalente a órganos o tejidos de interés, causadas por la posible combinación de exposiciones originadas por prácticas autorizadas, excedan de cualesquier límites de dosis especificados al respecto en la Adenda II, salvo en circunstancias especiales, previstas en el Apéndice I” (referencia [2], párrafo 2.23). En las centrales nucleares se deberían aplicar límites de dosis para:

- las dosis causadas por exposiciones ocupacionales sufridas por el personal de las entidades explotadoras en la central;
- las dosis causadas por exposiciones ocupacionales sufridas por los contratistas en todas las plantas e instalaciones;
- las dosis causadas por exposiciones sufridas por los miembros de la población como resultado de actividades relacionadas con la gestión de desechos radiactivos y las descargas de efluentes originados en la central nuclear.

Sería conveniente tener en cuenta también las dosis causadas por exposiciones originadas en otras fuentes e instalaciones.

2.4. “En relación con las exposiciones debidas a una fuente determinada adscrita a una práctica, salvo en el caso de las exposiciones médicas terapéuticas, la protección y seguridad deberán optimizarse de forma que la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de sufrir exposiciones, se reduzcan al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, con la condición de que las dosis causadas en los individuos por la fuente se sometan a restricciones de dosis relacionadas con esa fuente” (referencia [2], párrafo 2.24). En una central nuclear la protección y la seguridad deberían optimizarse en relación tanto con la exposición ocupacional a las distintas fuentes o tareas como con la exposición del público a los desechos radiactivos y las descargas de efluentes originados en la central. A esos efectos se tendrían que tener en cuenta las posibles compensaciones entre exposición ocupacional y exposición del público.

2.5. “Se adoptarán todas las medidas razonablemente posibles para mejorar la seguridad operacional, prevenir los accidentes radiológicos y mitigar las consecuencias de éstos” (referencia [3], Principio 4). Los controles para la protección radiológica durante la explotación de la central, incluida la gestión de los efluentes y desechos radiactivos originados en ella, deberían tener por objeto no solo la protección de los trabajadores y los miembros de la población contra la

exposición a la radiación, sino también la prevención o reducción de las exposiciones potenciales y la mitigación de sus posibles consecuencias.

2.6. Las obligaciones básicas para la intervención en situaciones de accidente son:

- a) “Siempre que estén justificadas, se deberán llevar a cabo acciones protectoras o reparadoras para reducir o evitar exposiciones en las situaciones de intervención” (referencia [2], párrafo 3.3).
- b) “La forma, extensión y duración de toda acción protectora o reparadora de ese género deberá optimizarse de forma que produzca el máximo beneficio neto - entendido en sentido amplio - en las condiciones sociales y económicas reinantes” (referencia [2], párrafo 3.4).

En consecuencia, la intervención debería llevarse a cabo sobre la base de planes de emergencia preparados por la entidad explotadora. Estos planes tendrían que coordinarse con los de los demás órganos que tengan responsabilidades en relación con una emergencia, incluidas las autoridades públicas, y se deberían someter a la consideración del órgano regulador [1].

2.7. “El objetivo de la gestión de desechos radiactivos es obrar de forma tal que se protejan la salud humana y el medio ambiente ahora y en el futuro sin imponer una carga indebida a las generaciones futuras (referencia [4], párrafo 201). La gestión operacional debería llevarse a cabo como parte de una estrategia nacional. Esto es necesario, en particular, para cumplir los principios 7 a 9 de la referencia [4]:

- “La producción de desechos radiactivos deberá mantenerse al nivel más bajo posible;
- Se deberá tener debidamente en cuenta la dependencia recíproca entre todas las etapas de la producción y la gestión de desechos radiactivos;
- Durante la vida de las instalaciones de gestión de desechos radiactivos deberá velarse adecuadamente por su seguridad.”

Estos principios se reflejan en los requisitos establecidos en los párrafos 8.8 y 8.9 de la referencia [1], con arreglo a uno de los cuales “la entidad explotadora establecerá y aplicará un programa de seguridad en la gestión de desechos radiactivos” (referencia [1] párrafo 8.9).

2.8. Para la explotación de una central nuclear se ha de satisfacer el siguiente requisito: “La entidad explotadora establecerá y aplicará un programa que sea

garantía de que, en todas las situaciones operacionales, las dosis causadas por la exposición a la radiación ionizante... en la central o por emisiones de materiales radiactivos desde la central se mantengan por debajo de los límites prescritos y en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse” (referencia [1], párrafo 8.1).

## APLICACIÓN DE LÍMITES DE DOSIS

2.9. La entidad explotadora de la central nuclear debe velar por que las dosis se ajusten a los límites de dosis que el órgano regulador especifique con respecto a la exposición de los trabajadores y de los miembros de la población (referencia [2], párrafos I.4 y III.2). Estos límites de dosis deberían estar en conformidad con los que se especifican en la Adenda II de las NBS. En la Guía de seguridad sobre Protección radiológica ocupacional [6] se proporciona orientación acerca de la manera de verificar el cumplimiento de los límites de dosis a los trabajadores.

2.10. Durante el funcionamiento normal el personal del emplazamiento puede recibir dosis superiores al límite de dosis, ya sea involuntariamente o como consecuencia de una violación de los procedimientos. Esos sucesos tendrían que ser objeto de investigación exhaustiva y deberían notificarse al órgano regulador. Si se sospecha que ha habido una sobreexposición importante, el personal directivo superior debería emprender sin demora investigaciones con participación de especialistas en diferentes campos, entre ellos un médico y un oficial de protección radiológica. Se deberían establecer disposiciones que garanticen la extracción de enseñanzas pertinentes y la adopción de medidas para evitar que esos sucesos se repitan. En la referencia [6] se proporciona más orientación para la gestión de casos de sobreexposición de trabajadores.

2.11. En una emergencia nuclear o radiológica es posible que se justifique rebasar los límites de dosis establecidos a fin de: salvar vidas; evitar lesiones graves; emprender acciones destinadas a evitar una gran dosis colectiva; o emprender acciones para impedir el desarrollo de condiciones catastróficas. En la referencia [6] se proporciona información detallada sobre los procedimientos y los posibles niveles de exposición en acciones de emergencia.

2.12. Las dosis resultantes de sucesos como los descritos en los párrafos 2.10 y 2.11 se tendrían que consignar, en registros distintos, junto con las dosis registradas en la monitorización rutinaria. Una sobreexposición no debería necesariamente ser óbice para que el trabajador siguiese operando en

zonas de exposición a la radiación. Sin embargo, sería conveniente que, para proteger la salud de los trabajadores, el órgano regulador determinara si existen razones suficientes para que éstos dejen de realizar tareas relacionadas con la radiación. Si, en cambio, se determinara que pueden seguir realizándolas, la entidad explotadora —de ser posible, en consulta con el médico y con el trabajador afectado, ya sea directamente o por conducto de sus representantes, según proceda— debería estudiar la posibilidad de reducir temporalmente los límites de dosis y establecer los períodos de vigencia de esas restricciones. Esas restricciones temporales de dosis deberían ajustarse a las reglamentaciones nacionales o a los requisitos del órgano regulador.

2.13. La exposición a la radiación de miembros de la población puede producirse como resultado de descargas de materiales radiactivos, en forma gaseosa o líquida, procedentes de la central nuclear, o por irradiación directa desde la propia central. Las descargas deberían controlarse con arreglo a lo previsto en las autorizaciones que otorga el órgano regulador a fin de que las dosis de radiación a los miembros de la población más expuestos (el grupo crítico) en las proximidades de la central no rebasen las restricciones de dosis (véanse los párrafos 2.21 y 2.25). La restricción de dosis que establezca el órgano regulador para esta fuente de exposición tendría que ser una fracción del límite de dosis al público. El nivel de descarga autorizado debería fijarse utilizando técnicas de modelización ambiental para establecer la relación entre el nivel de emisión y la dosis potencial al grupo crítico, teniendo debidamente en cuenta todas las vías de exposición previsibles. Para verificar el cumplimiento de lo establecido en la autorización de descarga se debería realizar una monitorización en la fuente de la descarga, complementada con una monitorización del medio ambiente (en la referencia [7] figura información más detallada a este respecto).

## OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN

### Objetivos y tareas

2.14. Durante todas las etapas de la vida útil del equipo y las instalaciones sería preciso llevar a cabo una optimización de las medidas de protección y de seguridad, o aplicar el principio ALARA (mantener las dosis en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales). En la optimización se deberían tener en cuenta todos los factores pertinentes, a saber:

- a) el equilibrio entre las dosis a los trabajadores y las dosis a la población;

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

- b) el equilibrio entre las dosis actuales causadas por descargas y las dosis futuras causadas por el confinamiento de las mismas sustancias radiactivas solidificadas como desechos;
- c) las exposiciones originadas en las diferentes tareas;
- d) los requisitos relativos a la seguridad tecnológica nuclear, la seguridad convencional y la protección radiológica;
- e) las opciones de gestión de desechos radiactivos y de clausura.

Las compensaciones interfactoriales deberían estudiarse, por ejemplo, mediante técnicas de ayuda a la toma de decisiones, como los métodos de criterios múltiples [9, 10].

2.15. La entidad explotadora debería participar en las actividades relacionadas con el diseño de modificaciones de componentes de la central existente para contribuir a garantizar que se satisfagan los requisitos en materia de protección radiológica y gestión de desechos. También convendría transmitir la experiencia operacional aplicable a los proveedores de reactores rediseñados y a los diseñadores de nuevos tipos de reactores. Esa participación ayudará a reunir la información que debería utilizarse para elaborar los procedimientos operacionales.

2.16. El proceso de optimización puede abarcar desde el análisis cualitativo intuitivo, basado en la experiencia derivada de buenas prácticas reconocidas o en el juicio profesional, hasta el análisis cuantitativo mediante técnicas de ayuda a la toma de decisiones. Cualquiera sea el método utilizado, éste debería tener la amplitud suficiente para abordar con coherencia todos los factores pertinentes.

2.17. Cuando un método cuantitativo estructurado se estime idóneo para seleccionar las medidas, la decisión correspondiente debería basarse en la aplicación del procedimiento de optimización. Este proceso tendría que abarcar la siguiente secuencia de etapas:

- a) determinación de todos los factores radiológicos, económicos y sociales pertinentes para la situación concreta que se examine, como la distribución de las dosis individuales y las dosis al personal del emplazamiento y a la población, los impactos en las generaciones futuras y los costos de inversión;
- b) determinación de todas las posibles opciones protectoras que puedan reducir las dosis causadas por la exposición ocupacional o la exposición del público;
- c) cuando sea posible, cuantificación de los factores pertinentes para cada opción;

- d) comparación de todas las opciones y selección de la opción óptima;
- e) cuando proceda, realización de un análisis de sensibilidad, es decir, evaluar la solidez de las soluciones obtenidas sometiendo a prueba los resultados correspondientes a diferentes valores de los parámetros clave para los que se hayan reconocido incertidumbres.

En las referencias [6] y [9] y en un Informe de seguridad sobre Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional [10] se proporciona orientación adicional sobre la aplicación de un programa de optimización de la protección en este tipo de exposición.

2.18. El proceso de optimización de la protección durante la explotación debería iniciarse en la etapa de planificación y proseguir durante las de programación, preparación, ejecución y retroinformación. Este proceso de optimización durante la gestión del trabajo tendría que aplicarse para mantener en examen los niveles de exposición y garantizar que las dosis sean las más bajas que puedan razonablemente alcanzarse [10, 11]. La Dirección de la entidad explotadora debería comprometerse a aplicar correctamente medidas de protección radiológica e indicar los medios disponibles para su aplicación. En la sección 3 se proporciona orientación sobre la aplicación del principio de optimización.

2.19. Las consideraciones operacionales relativas a un programa de control de dosis abarcan las medidas que deben adoptarse, una vez que la central entre en funcionamiento, para optimizar las dosis a los trabajadores que participen en la explotación rutinaria, el mantenimiento, las reparaciones, la recarga, las modificaciones de la central, la inspección en el servicio y la gestión de desechos (manipulación, transferencia, almacenamiento y disposición final de desechos radiactivos).

## **Restricciones**

2.20. La optimización de las medidas de protección y seguridad tecnológica para las distintas fuentes u operaciones en una práctica debería estar sujeta a restricciones de dosis.

2.21. La restricción de dosis es un valor de dosis individual relacionado con una fuente que se utiliza para restringir la variedad de opciones consideradas en el proceso de optimización. No se trata de un límite sino de un nivel máximo para los valores de dosis individuales que deberían considerarse aceptables en el proceso de optimización. Se utiliza de manera prospectiva tanto para planificar y ejecutar las tareas como en actividades de diseño.

2.22. Para aplicar el principio de optimización sería preciso evaluar las dosis individuales en la etapa de planificación operacional y las dosis individuales previstas para las distintas opciones deberían compararse con las restricciones de dosis pertinentes. Normalmente, se deberían desechar las opciones cuya aplicación determinaría, según las previsiones, dosis estimadas superiores a la restricción.

2.23. En el caso de la exposición ocupacional en una central nuclear, la restricción tendría que aplicarse a determinadas tareas o bien a una operación completa, de manera que la entidad explotadora debería establecerla atendiendo a las circunstancias específicas de la exposición en cada caso. En lugar de fijar valores de restricciones, el órgano regulador tendría que alentar, en general, a las entidades explotadoras a definir restricciones, que estarán sujetas al control reglamentario.

2.24. El proceso de derivación del valor de una restricción de las dosis causadas por exposición ocupacional en cada caso concreto debería abarcar un examen de la experiencia operacional y, si fuera posible, de la experiencia adquirida en casos similares, teniendo en cuenta asimismo los factores económicos, sociales y técnicos. Tratándose de la exposición ocupacional, la experiencia adquirida en operaciones anteriores bien gestionadas debería desempeñar un papel importante en el establecimiento de restricciones, para lo cual sería preciso utilizar bases de datos nacionales o internacionales donde se indiquen las dosis relacionadas con las distintas tareas.

2.25. En lo que se refiere a la exposición del público, las restricciones de dosis deberían utilizarse para limitar las dosis anuales que los miembros de la población puedan recibir como resultado de la explotación prevista de una central concreta. Al fijar la restricción de dosis para una central, el órgano regulador tendría que tomar en cuenta las posibles contribuciones de fuentes actuales y previstas, tanto mundiales como regionales, distintas de la central de que se trate, y se debería dejar un margen apropiado para exposiciones futuras desconocidas. El órgano regulador también tendría que considerar los resultados conseguidos en centrales del mismo tipo en las que se hayan adoptado las buenas prácticas pertinentes y —con el margen necesario entre esos resultados y el límite de dosis para permitir cierto grado de flexibilidad— debería establecer límites de descarga autorizada para la central de que se trate. Es muy probable que mejorando el proceso de control de efluentes se logren niveles de descarga inferiores a los límites de descarga autorizada. El órgano regulador podrá tomar como referencia esos niveles más bajos en la autorización de descargas, en particular para indicar cualquier desviación con respecto a las condiciones de explotación previstas. La

utilización de un nivel de descarga inferior como nivel de referencia no debería ir en desmedro de la flexibilidad operacional ni se deberían desalentar las iniciativas de los explotadores para mejorar el proceso de control de efluentes a fin de reducir las descargas.

### **Niveles de investigación**

2.26. Los niveles de investigación son instrumentos que deberían revestir suma importancia para la Dirección por su utilidad en la optimización de la protección de los trabajadores y de la población; por lo tanto, sería preciso definirlos en la etapa de planificación de las actividades; posteriormente, esos niveles podrán revisarse sobre la base de la experiencia operacional. También es probable que los órganos reguladores deseen establecer niveles de investigación genéricos. Por “nivel de investigación” se entiende “el valor de una magnitud tal como la dosis efectiva, la incorporación o la contaminación por unidad de área o de volumen, al alcanzarse o rebasarse el cual debería realizarse una investigación”. Los niveles de investigación deberían utilizarse a posteriori, sin confundirlos con los límites de dosis ni con las restricciones de dosis.

2.27. Cuando se rebase un nivel de investigación se debería iniciar un examen de las circunstancias del caso para determinar sus causas. Convendría extraer las enseñanzas pertinentes a fin de aprovecharlas en futuras operaciones, además de adoptar otras medidas adicionales que se estimen necesarias para mejorar las disposiciones protectoras vigentes.

2.28. La Dirección debería asignar por adelantado a personas con la debida cualificación y experiencia la responsabilidad de iniciar y realizar las investigaciones que fueren necesarias. También habría que definir claramente tanto la finalidad de cada nivel de investigación como las acciones que lleve aparejadas.

### **Estructura y compromiso de la Dirección**

2.29. Con miras a una correcta aplicación del principio de optimización, la entidad explotadora debe establecer una estructura de Dirección que garantice la consideración apropiada de la protección radiológica en todos los niveles de la entidad.

2.30. Los requisitos relativos a la optimización en todas las etapas de la explotación de una central deberían reflejarse en los programas de protección radiológica y de gestión de desechos radiactivos. Además, es posible que en la

declaración de política de la Dirección se fijen, entre otras, metas relativas a las actividades previstas con indicación de objetivos específicos (con respecto a las dosis, las horas-persona o la duración). La Dirección debería comunicar estos objetivos a todos los trabajadores del emplazamiento, junto con pruebas de su compromiso en el logro de los mismos. En las referencias [6] y [10] se proporciona orientación sobre la optimización de la protección radiológica ocupacional.

2.31. La entidad explotadora debería alentar al personal del emplazamiento a mantener una actitud de curiosidad y de apertura al aprendizaje acerca de la protección y la seguridad, reforzar los cauces de comunicación y desalentar la complacencia mediante la aplicación de una política de seguridad en la central (referencia [2], párrafo 2.28). Esa actitud del personal, alentada mediante la promoción de una cultura de la seguridad, impulsa y apoya las acciones e interacciones de los directivos, los supervisores y el personal que participa en las actividades relacionadas con la seguridad de la central. También sería preciso fomentar el compromiso de los trabajadores y motivarlos para que adopten buenas prácticas en materia de protección radiológica y gestión de desechos radiactivos. La entidad explotadora debería velar por que existan mecanismos para que los trabajadores participen en la mayor medida posible en el desarrollo de métodos que permitan mantener las dosis al personal del emplazamiento y a la población en los valores más bajos que puedan razonablemente alcanzarse, y para que aporten retroinformación sobre la eficacia de las medidas de protección radiológica y gestión de desechos radiactivos.

2.32. Al igual que en cualquier iniciativa de este tipo, el éxito dependerá de la motivación y el apoyo que se generen al más alto nivel de la entidad explotadora. La Dirección debería estar dispuesta a adoptar medidas normativas y presupuestarias que apoyen los esfuerzos encaminados a mantener las dosis a los trabajadores y a la población en los valores más bajos que puedan razonablemente alcanzarse.

2.33. El compromiso de la Dirección se demuestra con su presencia efectiva. La Dirección debería tener una política que alentase al personal directivo a: visitar con frecuencia los lugares de trabajo; conocer personalmente la situación de los proyectos y problemas; propiciar la aplicación de prácticas idóneas; y organizar actividades de capacitación (en caso de que no se apliquen prácticas idóneas) o de readiestramiento (en caso de modificación o sustitución de los procesos tecnológicos).

## PROGRAMAS Y ASPECTOS ORGANIZATIVOS

2.34. El órgano regulador debería dar instrucciones a la entidad explotadora para que implante y aplique programas a fin de cumplir los requisitos en materia de protección radiológica y gestión de desechos radiactivos establecidos en la sección 8 (párrafos 8.1 a 8.12) de la referencia [1]. Con arreglo a lo indicado en la sección 3 de la referencia [12], el órgano regulador deberá velar por que sus principios y criterios de reglamentación sean adecuados y válidos y deberá tener en cuenta las normas y recomendaciones aceptadas internacionalmente. También deberá proceder a expedir, modificar, suspender o revocar autorizaciones con sujeción a las condiciones necesarias que, entre otras cosas, deberán especificar las instalaciones, actividades o inventarios de fuentes que sean objeto de la autorización. Asimismo deberá llevar a cabo inspecciones reglamentarias para verificar el cumplimiento de sus principios y criterios, así como de toda condición necesaria para la autorización. En la referencia [12] se proporciona información detallada sobre las tareas y funciones del órgano regulador.

2.35. En la medida de lo posible, todas las recomendaciones pertinentes del órgano regulador, así como todas las disposiciones vigentes de la legislación nacional, deberían reflejarse en disposiciones y procedimientos específicos que el personal pueda aplicar; esas recomendaciones y disposiciones también se tendrían que incorporar al programa de protección radiológica (PPR) y al programa de gestión de desechos radiactivos (PGDR) de la central.

2.36. Al preparar estos programas, la entidad explotadora debería velar por que se le asignen recursos que estén en consonancia con la naturaleza de los riesgos radiológicos de las tareas que deban realizarse.

2.37. Puesto que en la industria nuclear las circunstancias suelen variar mucho, convendría adoptar un enfoque estructurado del PPR y el PGDR, conforme al cual se establezcan los objetivos y se especifiquen las estructuras organizativas, los procedimientos y los instrumentos necesarios para aplicar el principio ALARA.

2.38. Tal como se indica en las referencias [2] y [7], la Dirección de la entidad explotadora debería velar por que se establezcan y apliquen programas de protección radiológica apropiados. En la sección 3 se proporciona información detallada sobre la asignación de responsabilidades.

2.39. La entidad explotadora debe prever recursos humanos idóneos y suficientes para supervisar la aplicación del PPR y el PGDR (referencia [2], párrafo I.4 h)).

A tal efecto, debería especificar con claridad las responsabilidades pertinentes. Tendría que estudiar el posible nombramiento de un oficial de protección radiológica (encargado de la protección radiológica). Este oficial, que debería ser independiente de los grupos de producción, explotación y mantenimiento, tendría que poder asesorar a la Dirección de la central sobre la eficacia del PPR y del PGDR. También debería tener acceso a los directivos facultados para establecer y hacer cumplir los procedimientos pertinentes a fin de que las actividades se realicen en condiciones de seguridad.

2.40. Las funciones y responsabilidades de un grupo de protección radiológica pueden variar mucho, en función de la estructura organizativa de la entidad explotadora y de las prácticas nacionales. Por lo general, dicho grupo no se encarga de aplicar el PPR, sino de suministrar asesoramiento sobre cuestiones radiológicas, confirmar permisos de trabajo y prestar diversos servicios, como los de monitorización radiológica y de capacitación.

2.41. La aplicación de medidas para controlar la exposición a la radiación es responsabilidad de todo el personal del emplazamiento. En consecuencia, la entidad explotadora debe garantizar el suministro de capacitación adecuada en materia de protección y seguridad tecnológica, con las actividades periódicas de readiestramiento y puesta al día que sean menester para asegurar el mantenimiento del nivel de competencia necesario (referencia [2], párrafo I.4 h)). En la sección 3 de la referencia [1] se indican los requisitos sobre cualificación y capacitación del personal encargado de tareas que puedan afectar la seguridad. En la sección 5 de la presente Guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre capacitación.

2.42. Al aplicar el principio de optimización de la protección en la planificación del trabajo no se debería hacer diferencia entre el personal del emplazamiento, permanente o temporal, y el personal de los contratistas. Por otra parte, incluso en caso de que el empleador sea otra entidad, la entidad explotadora de la central seguirá siendo responsable del cumplimiento de los límites. A tal efecto deberían obtenerse registros apropiados de las dosis recibidas previamente por estos empleados y se tendría que especificar la dosis máxima que pueda recibir cada persona empleada en el emplazamiento. La entidad explotadora “suministrará tanto al trabajador como al empleador de éste los registros de exposición pertinentes” (referencia [2], párrafo I.45).

2.43. Se debería aplicar un PGDR eficaz para garantizar que los desechos radiactivos de la central satisfagan tanto los requisitos de la reglamentación nacional como los requisitos y recomendaciones internacionales en materia de

manipulación, transporte, almacenamiento y disposición final. Para aplicar el PGDR sería preciso que se pueda disponer con rapidez de fondos destinados a la gestión de los desechos radiactivos de la central, incluida la futura disposición final de los mismos.

2.44. Los sucesos anormales en los sistemas de gestión de desechos radiactivos pueden tener consecuencias radiológicas considerables; un funcionamiento fiable de las instalaciones de procesamiento debería reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan esos sucesos. La entidad explotadora tendría que garantizar una gestión eficaz de todas las actividades relacionadas con el funcionamiento y el mantenimiento de esos sistemas, incluida la implantación de procedimientos y medidas pertinentes en materia de supervisión, capacitación y garantía de calidad.

## GARANTÍA DE CALIDAD

2.45. La entidad explotadora debería tener la responsabilidad primordial de establecer y aplicar, siguiendo un enfoque gradual, un programa eficaz de garantía de calidad que abarque todas las actividades relacionadas con la protección radiológica y la gestión de desechos que puedan influir en la explotación segura de la central (referencia [1], párrafo 2.19). Ese programa tendría que incluir requisitos de garantía de calidad en materia de protección radiológica y gestión de desechos radiactivos. El alcance y el tipo de los distintos requisitos deberían depender de la naturaleza de cada tarea y de su importancia desde el punto de vista de la seguridad tecnológica. El programa de garantía de calidad está sujeto a los requisitos y recomendaciones del Código y guías de seguridad Q1–Q14 sobre *Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations* [13]; el órgano regulador debería proporcionar información detallada a ese respecto.

2.46. Con arreglo al Código [13], el programa de garantía de calidad tendría que abarcar la evaluación sistemática de su propia eficacia. Habría que estudiar la posibilidad de efectuar evaluaciones específicas en caso de que se introduzcan modificaciones importantes en materia de seguridad, se apliquen nuevos requisitos reglamentarios o se produzcan accidentes.

## INCIDENTES Y EMERGENCIAS

2.47. La entidad explotadora tiene la responsabilidad de establecer mecanismos a fin de afrontar emergencias que entrañen situaciones o sucesos no rutinarios en

los que sea preciso actuar con prontitud para prevenir o mitigar peligros o efectos adversos en la salud y la seguridad humanas, la calidad de vida, la propiedad o el medio ambiente. Esto abarca situaciones en las que sea necesario emprender rápidamente acciones para mitigar los efectos de un peligro percibido. En el PPR tendrían que incluirse disposiciones apropiadas a tal efecto. En particular, los incidentes y las emergencias deberían investigarse para determinar sus causas y adoptar medidas que impidan su repetición.

2.48. Por más precauciones que se adopten en el diseño y la explotación de una central nuclear, siempre cabe la posibilidad de que se produzcan fallos o surjan situaciones que puedan conducir a una emergencia. La explotación de la central o el transporte de materiales radiactivos pueden dar lugar a emisiones radiactivas importantes o a exposiciones importantes a los trabajadores o a la población. La entidad explotadora y los oficiales (de organizaciones de respuesta) que actúen fuera del emplazamiento deben estar preparados para afrontar posibles emergencias relacionadas con el transporte de materiales radiactivos [14]. La preparación para emergencias tendría que abarcar:

- a) una definición precisa de las responsabilidades y autoridades tanto dentro como fuera del emplazamiento;
- b) criterios para ejecutar planes de emergencia y para iniciar y terminar acciones protectoras;
- c) disposiciones para determinar si la contaminación ambiental justifica la iniciación de acciones protectoras, con capacidades de monitorización y niveles de intervención operacionales que respondan a las normas internacionales [2];
- d) disposiciones para que, tras producirse una emergencia, una fuente oficial difunda públicamente información coordinada sobre los riesgos para la población y las acciones pertinentes;
- e) establecimiento y ensayo de procedimientos de emergencia;
- f) dotación de recursos adecuados (instalaciones, equipo y personal);
- g) capacitación en respuesta de emergencia, incluida la realización de ejercicios;
- h) métodos y procedimientos de notificación al órgano regulador y activación de las organizaciones de respuesta;
- i) métodos de mitigación de emergencias;
- j) comunicaciones durante emergencias, tanto en la central como con grupos de emergencia exteriores al emplazamiento;
- k) servicios de asistencia médica, extinción de incendios y policía;
- l) protección de las personas dentro y fuera del emplazamiento;

- m) protección del personal del emplazamiento y ajeno al mismo designado para responder a emergencias;
- n) suministro previo a los miembros de la población de información que se considere razonablemente que pueda serles de utilidad en una emergencia;
- o) recuperación, reingreso al emplazamiento y operaciones posteriores a un accidente.

2.49. La entidad explotadora debería prever medidas para afrontar posibles emergencias en el emplazamiento. También tendría que facilitar a los oficiales que intervengan fuera del emplazamiento la información necesaria a fin de que puedan prepararse para afrontar posibles emergencias externas, como las relacionadas con el transporte de materiales radiactivos.

2.50. En las referencias [14 a 17] se indican los requisitos relativos a emergencias en centrales nucleares y se proporciona orientación pertinente.

### **3. PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

#### **CONSIDERACIONES GENERALES**

3.1. La naturaleza e intensidad de las fuentes de radiación derivadas de la explotación de una central nuclear dependerán de diversos factores, como el tipo de reactor, sus características de diseño y su historia operacional. La entidad explotadora debería establecer un PPR para asegurar la protección de los trabajadores contra los efectos nocivos de la radiación.

3.2. El PPR tendría que basarse en una evaluación previa de los riesgos que tenga en cuenta la ubicación y magnitud de todos los peligros radiológicos y que abarque:

- a) la clasificación de las zonas de trabajo y el control de accesos;
- b) las reglas locales y la supervisión del trabajo;
- c) la monitorización individual y del lugar de trabajo;
- d) la planificación del trabajo y los permisos de trabajo;
- e) ropa y equipo de protección;
- f) instalaciones, blindaje y equipo;
- g) vigilancia de la salud;

- h) aplicación del principio de optimización de la protección;
- i) retirada o reducción de la intensidad de las fuentes de radiación;
- j) capacitación (véase la sección 5);
- k) disposiciones de respuesta a una emergencia.

En la referencia [6] se proporciona más orientación acerca de los PPR.

### CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE TRABAJO Y CONTROL DE ACCESOS

3.3. La entidad explotadora “deberá definir como zona controlada toda zona en la que se prescriban o pudieran prescribirse medidas protectoras o disposiciones de seguridad específicas para:

- a) controlar las exposiciones normales o impedir la dispersión de la contaminación en condiciones normales de trabajo; y
- b) prevenir las exposiciones potenciales o limitar su magnitud” (referencia [2], párrafo I.21).

Con arreglo al párrafo 8.2 de la referencia [1], el PPR debe abarcar la clasificación de zonas y el control de accesos, con información in situ sobre las tasas de dosis y niveles de contaminación existentes realmente. El órgano regulador puede suministrar orientación sobre la clasificación de las zonas controladas en función de las circunstancias particulares.

3.4. Al determinar los límites de una zona controlada se debería tener en cuenta la magnitud de las dosis previstas en el funcionamiento normal, la probabilidad y magnitud de las posibles exposiciones, así como la naturaleza y el alcance de los procedimientos necesarios en materia de protección y seguridad tecnológica, incluido el control de los desechos radiactivos.

3.5. Es preciso delimitar las zonas controladas y restringir el acceso a las mismas (referencia [2], párrafo I.23). A tal efecto deberían utilizarse, en la medida de lo posible, límites estructurales existentes, siempre que las condiciones radiológicas satisfagan los requisitos pertinentes. Cuando lo estime necesario y viable, la entidad explotadora podrá ampliar una zona controlada, entre otras cosas, para reducir al mínimo el número de zonas y de puntos de acceso a las mismas, facilitando así una gestión más eficaz del PPR. También podrá ampliarla para aprovechar límites naturales u otros límites físicos existentes.

3.6. En algunas partes de una zona controlada los límites pertinentes solo pueden respetarse restringiendo el tiempo de permanencia o utilizando equipo protector especial. Se debería estudiar la posibilidad de definir distintas zonas dentro de un área controlada sobre la base de las tasas de dosis o los niveles de contaminación suelta. En algunas de esas zonas será preciso fijar condiciones de entrada restringida o especial. El control administrativo del ingreso a estas zonas puede establecerse mediante reglas locales o permisos de trabajo con radiaciones (véanse los párrafos 3.39 a 3.47).

3.7. Como es posible que haya grandes diferencias en cuanto a las prácticas establecidas, la experiencia, el diseño y otros aspectos de las centrales, también pueden existir diferentes clasificaciones de las zonas radiológicas. En el anexo I figura un modelo de clasificación de zonas.

3.8. En los puntos de acceso a las áreas controladas y a sus distintas zonas, así como en otros lugares apropiados, deben colocarse símbolos de advertencia, por ejemplo, los recomendados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), junto con información adecuada (por ejemplo, niveles de radiación o niveles de contaminación, categoría de la zona, procedimientos de acceso o restricciones de permanencia, procedimientos de emergencia y contactos en caso de emergencias) (referencia [2], párrafo I.23). A las personas que crucen el límite de una zona se les debe advertir de que han entrado en otra zona, donde las tasas de dosis o los niveles de contaminación y, por ende, las condiciones de trabajo, son diferentes.

3.9. Es preciso restringir el acceso a las áreas controladas (referencia [2], párrafo I.23), para lo cual debería habilitarse un número limitado de puntos de control a fin de reducir la difusión de la contaminación y controlar en todo momento la exposición y la ocupación. Se tendrían que establecer procedimientos para controlar el acceso a un área controlada o a determinada zona de la misma. Esos procedimientos deberían abarcar autorizaciones de ingreso, instrucciones sobre el uso de los dispositivos de monitorización, el uso de ropa y equipo de protección especial, y límites de permanencia en los locales.

3.10. Solo podrá entrar a las áreas controladas el personal del emplazamiento (personal permanente o temporal de la central y personal de contratistas) que esté autorizado con arreglo a los procedimientos administrativos establecidos (referencia [2], párrafo I.23) y con las recomendaciones sobre protección radiológica y capacitación. Las autorizaciones de entrada pueden concederse para la totalidad del área controlada o solo para una parte de la misma. Esas autorizaciones pueden mantenerse hasta su fecha de expiración o bien retirarse si

cambian las condiciones radiológicas. En cumplimiento de recomendaciones sobre protección radiológica, se pueden conceder permisos especiales de entrada a personas no autorizadas, siempre que respeten los procedimientos de trabajo previstos en un protocolo establecido, incluida la obligación de estar acompañadas en todo momento por una persona autorizada.

3.11. En las entradas y salidas de las zonas que estén o puedan llegar a estar contaminadas se deben habilitar, según proceda, vestuarios (referencia [2], párrafo I.23). A fin de evitar la difusión de la contaminación tendría que haber una separación entre el espacio que pueda estar contaminado y el que se encuentre libre de contaminación. En los párrafos 3.56 a 3.60 se indican las instalaciones que sería preciso habilitar a tal efecto.

3.12. Para cerciorarse de que los niveles de contaminación en la ropa y la superficie del cuerpo de las personas no rebasen los límites fijados, las salidas de las áreas controladas tendrán que contar, cuando proceda, con el equipo de monitorización individual necesario (referencia [2], párrafo I.23). Ahora bien, para los casos en que la descontaminación hasta el nivel previsto no pueda alcanzarse en el área controlada y sea preciso aplicar medidas de descontaminación especiales, o cuando se deba prestar atención médica, sería preciso establecer procedimientos de salida de las personas afectadas.

3.13. Antes de retirarlo de una zona contaminada y, en cualquier caso, antes de retirarlo de un área controlada, todo objeto ha de someterse a la monitorización pertinente (referencia [2], párrafo I.23) y se deberían adoptar medidas idóneas para evitar peligros excesivos causados por la radiación.

3.14. La entidad explotadora “deberá definir como zona supervisada toda zona que no haya sido ya definida como zona controlada, pero en la que sea preciso mantener bajo examen las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas de protección ni disposiciones de seguridad específicas” (referencia [2], párrafos I.24). Para demarcar las zonas supervisadas sería preciso utilizar medios apropiados y tomar en cuenta la naturaleza y el alcance de los peligros radiológicos. En los puntos de acceso pertinentes se deberían colocar carteles aprobados y tendría que efectuarse un examen periódico de las condiciones para determinar si es preciso aplicar medidas protectoras y disposiciones de seguridad o modificar los límites de esas zonas.

3.15. A fin de facilitar la gestión eficaz del PPR habría que estudiar la posibilidad de ampliar la zona supervisada a todo el perímetro del emplazamiento.

## REGLAS LOCALES Y SUPERVISIÓN DEL TRABAJO

3.16. La entidad explotadora debe “establecer medidas de protección y seguridad ocupacional inclusive reglas y procedimientos locales apropiados para las zonas controladas” (referencia [2], párrafo I.23). Las reglas locales deberían abarcar:

- a) determinación y ubicación de cada área controlada;
- b) procedimientos de entrada y de salida aplicables en las áreas controladas;
- c) procedimientos que garanticen niveles adecuados de protección y seguridad para los trabajadores y otras personas, incluidas las condiciones para que puedan entrar a las áreas controladas los visitantes, las mujeres embarazadas o lactantes y el personal que no trabaje con radiaciones;
- d) valores de todos los niveles de investigación o de autorización pertinentes, y procedimientos aplicables en caso de que se rebasen esos niveles;
- e) designación de las personas encargadas de supervisar el trabajo en las áreas controladas;
- f) procedimientos de emergencia para cada área controlada.

3.17. La supervisión del trabajo en las áreas controladas solo debería encomendarse a personas que conozcan bien los requisitos en materia de protección radiológica y las reglas locales, en la medida que se apliquen al trabajo que deban supervisar.

3.18. Antes de entrar en un área controlada, los trabajadores deberían tener conocimiento de las reglas locales, las cuales tendrían que estar debidamente expuestas en el lugar de trabajo.

## MONITORIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO Y MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL

3.19. Con fines de protección radiológica se deberían realizar tres tipos de monitorización del lugar de trabajo y monitorización individual:

- a) monitorización rutinaria, para demostrar que el entorno de trabajo es apto para proseguir las operaciones y que no se ha registrado cambio alguno que haga necesaria una nueva evaluación de los procedimientos operacionales;
- b) monitorización relacionada con una tarea, para proporcionar información acerca de determinada tarea u operación y, si fuera necesario, fundamentar la adopción de decisiones inmediatas sobre la ejecución de la tarea;

- c) monitorización especial, normalmente, en la etapa de puesta en servicio de nuevas instalaciones, después de introducir modificaciones importantes en instalaciones o procedimientos, o en caso de que las operaciones se realicen en circunstancias anormales, por ejemplo, después de un incidente o un accidente.

3.20. La Dirección tendría que basarse en los niveles de dosis individuales previstos para fijar los niveles de investigación relativos a las dosis e incorporaciones individuales. Los niveles de investigación para la monitorización del lugar de trabajo deberían fijarse basándose tanto en los niveles de tasas de dosis y de contaminación previstos como en la experiencia operacional. Sería preciso definir previamente la finalidad de cada nivel de investigación y las acciones que conlleve su activación. Cuando sea necesario, los niveles de investigación se podrán revisar sobre la base de la experiencia operacional.

3.21. En la Guía de seguridad sobre Protección radiológica ocupacional [6] se describen en detalle los programas de monitorización de los trabajadores. En las Guías de seguridad sobre Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación [18] y sobre Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos [19] se proporciona orientación acerca de la evaluación de dosis correspondientes a las exposiciones externa e interna.

3.22. Se debería establecer un servicio adecuado de calibración y garantía de calidad para todos los instrumentos de monitorización utilizados en la central y abarcados en el PPR. Este servicio tendría que garantizar la trazabilidad a laboratorios de estándares nacionales. El rango de medida de los instrumentos disponibles debería abarcar desde valores inferiores a cualquier nivel de referencia aplicable hasta los niveles de radiación que se prevean en condiciones de accidente.

3.23. Con arreglo a un programa de garantía de calidad debería efectuarse periódicamente la calibración, la prueba y el mantenimiento tanto de todos los monitores de radiación y de contaminación —fijos o manuales— como de los sistemas de dosimetría personal; dicho programa permitiría establecer:

- a) la calidad del equipo y de los instrumentos;
- b) la frecuencia de la calibración;
- c) la frecuencia del mantenimiento;
- d) la trazabilidad de la utilización.

Todas las actividades relacionadas con la calidad deberían someterse a exámenes y auditorías.

## **Monitorización y reconocimientos radiológicos del lugar de trabajo**

3.24. Los principales objetivos de la monitorización y los reconocimientos radiológicos son: suministrar información sobre las condiciones radiológicas en la central y en zonas específicas tanto antes de una tarea como durante su realización; comprobar si la designación de la zona sigue siendo válida; y determinar si los niveles de radiación y contaminación son aptos para proseguir las actividades en la zona.

3.25. Esta vigilancia debería realizarse mediante una combinación apropiada de monitores fijos de la radiación y de la contaminación del aire, junto con la monitorización y el muestreo periódicos por personal capacitado. Puesto que las condiciones radiológicas de una zona rara vez son uniformes, la ubicación de los monitores fijos para evaluar esas condiciones ambientales tendría que estudiarse con sumo cuidado. Cuando se decida instalarlos, esos monitores deberían colocarse en los lugares donde los niveles de radiación, las tasas de dosis o los niveles de contaminación del aire (por gases, yodo o materiales particulados) puedan registrar cambios considerables o rápidos, y deberían tener alarmas para indicar si se ha rebasado un nivel de referencia. También sería conveniente estudiar la posibilidad de colocar monitores fijos en las zonas donde se prevea una ocupación frecuente.

3.26. Tanto la frecuencia de la monitorización y los reconocimientos radiológicos como los tipos y lugares de las mediciones que deban realizarse se tendrían que indicar en formularios de vigilancia radiológica del PPR y, si fuera necesario, actualizar en función de las condiciones imperantes.

3.27. Pueden llevarse a cabo reconocimientos especiales para abordar problemas específicos, por ejemplo, si se sospecha la existencia de altos niveles de contaminación aérea o contaminación superficial suelta, o cuando la monitorización rutinaria indica la existencia de condiciones infrecuentes o anormales, como la aparición de una zona de actividad elevada (también llamada “punto activo”).

3.28. La entidad explotadora debería garantizar la dotación del equipo necesario para el PPR, incluidos los distintos instrumentos para medir la radiación y efectuar los muestreos y los análisis. Las cantidades y los tipos del equipo suministrado tendrían que responder a las necesidades previstas para las operaciones normales y las emergencias, y se deberían tener en cuenta las condiciones radiológicas que existan o que se sospeche o prevea que puedan existir en la zona.

3.29. El equipo que deberá suministrarse para medir la radiación y efectuar los muestreos y los análisis podrá abarcar:

- a) instrumentos de conteo y blindajes para actividades de medición y para el análisis de materiales radiactivos;
- b) instrumentos de reconocimiento radiológico y monitorización, incluida la monitorización del medio ambiente;
- c) instrumentos fijos para monitorizar la radiación externa, la contaminación del aire y la actividad del proceso;
- d) instrumentos de monitorización del personal, incluidos:
  - i) dosímetros para la monitorización del personal (algunos con dispositivos de alarma de dosis o de tasa de dosis);
  - ii) monitores de contaminación, como monitores de portal y monitores de manos y zapatos;
  - iii) monitores portátiles;
- e) colectores de muestras de aire;
- f) fuentes de radiación, instrumentos y otros dispositivos necesarios para calibrar instrumentos de medida/análisis de la radiación y colectores de muestras de aire.

3.30. La exposición individual se suele evaluar mediante la monitorización individual, pero, cuando procede y con la aprobación del órgano regulador, también puede utilizarse a esos efectos la monitorización del lugar de trabajo. La información de monitores fijos y de reconocimientos que se seleccione tendría que ser representativa de las condiciones radiológicas de la zona. Debería tenerse especial cuidado en obtener muestras de aire que sean indicativas de la contaminación del aire en la zona de respiración. Los monitores instalados en el lugar de trabajo para evaluar las dosis individuales o para confirmar que no se rebasen los niveles establecidos deberían indicarse con claridad a fin de evitar que sean retirados sin la debida autorización.

3.31. La fiabilidad de la monitorización para evaluar las dosis externas e internas depende, entre otros, de los siguientes factores: pruebas de funcionamiento; mantenimiento periódico y pruebas de desempeño de los instrumentos de medida utilizados; métodos de calibración; y cualificación del personal que intervenga. Asimismo, se debería prestar la debida atención tanto a la trazabilidad de estas mediciones como a la recuperabilidad de las evaluaciones de dosis. Sería conveniente establecer un sistema adecuado de garantía de calidad para confirmar la validez de los resultados de las evaluaciones.

3.32. La entidad explotadora tendría que elaborar un plan de mantenimiento preventivo para todos los sistemas de monitorización radiológica. El funcionamiento de esos sistemas debería someterse a pruebas, que tendrían que abarcar la calibración de los instrumentos y la verificación de las instalaciones de calibración. De esta manera se garantizará la evaluación correcta de las dosis, gracias a lo cual la Dirección de la central podrá confirmar la adecuación de los controles efectuados en el lugar de trabajo.

### **Monitorización individual**

3.33. “Cuando un trabajador realice normalmente sus actividades en una zona controlada, o trabaje ocasionalmente en una zona controlada y pueda sufrir una exposición ocupacional significativa, deberá ser objeto de vigilancia radiológica individual siempre que ello sea procedente, adecuado y factible. En los casos en que la vigilancia radiológica individual no sea procedente, adecuada ni factible, la exposición ocupacional del trabajador deberá evaluarse en base a los resultados de la vigilancia radiológica del puesto de trabajo y a la información sobre los lugares y la duración de la exposición del trabajador” (referencia [2], párrafo I.33). “La naturaleza, frecuencia y precisión de la vigilancia radiológica individual deberán determinarse atendiendo a la magnitud y las posibles fluctuaciones de los niveles de exposición, así como a la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales” (referencia [2], párrafo I.35).

3.34. La monitorización individual permite evaluar fácilmente la exposición individual externa. Para una monitorización rutinaria las personas deberían llevar consigo dosímetros integrales. Un servicio autorizado de monitorización tendría que elaborar y evaluar los datos dosimétricos obtenidos. Para la monitorización relacionada con determinadas tareas y la monitorización individual especial se emplean normalmente dosímetros de lectura directa en tiempo real, que también suelen incluir funciones de alerta. En la referencia [18] se proporciona orientación a este respecto.

3.35. Cuando los procedimientos establecidos autoricen el acceso de determinadas personas, por ejemplo, visitantes ocasionales, a zonas controladas sin dosímetros de monitorización individual, se debería garantizar la posibilidad de estimar las dosis que reciban sobre la base de las tasas de dosis y del tiempo de permanencia en las distintas zonas, o bien mediante los datos de los dosímetros que lleven consigo sus acompañantes. En algunos casos, los visitantes ocasionales también deben someterse a una monitorización individual.

3.36. En los casos en que se prevean o sospechen niveles significativos de exposición no uniforme, las personas afectadas tendrían que llevar consigo, según proceda, dosímetros adicionales en las partes del cuerpo correspondientes, sobre todo en las manos.

3.37. Las personas cuyas condiciones de trabajo favorezcan la exposición interna deberían someterse a la monitorización pertinente. Esta monitorización podría ser rutinaria u ocasional, según la índole de las condiciones de trabajo. La contaminación interna se debería evaluar, hasta donde sea posible, sobre la base de medidas indirectas, como el análisis de las excretas o el conteo corporal total o parcial. Si en el caso de la incorporación potencial de materiales radiactivos no fuera factible efectuar mediciones inmediatamente después de la incorporación, se podría obtener una evaluación aproximativa con otros métodos de cálculo pertinentes. A tal efecto podrían utilizarse resultados de la monitorización del lugar de trabajo o de reconocimientos radiológicos especiales, así como lecturas de colectores de muestras de aire personales. Mediante un contador de la radiactividad corporal más perfeccionado, como sistema de respaldo fuera del emplazamiento, se pueden calcular con más precisión las incorporaciones significativas evaluadas inicialmente con contadores corporales en el emplazamiento. En la referencia [19] se facilita orientación a este respecto.

3.38. Los registros de la monitorización individual deben ponerse a disposición del órgano regulador, de la persona interesada y del médico o el supervisor del programa de vigilancia de la salud (referencia [2], párrafo I.47).

## PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO Y PERMISOS DE TRABAJO

3.39. La planificación del trabajo en zonas controladas donde es posible que se registren niveles significativos de radiación o contaminación debería recibir especial atención, ya que se trata de un instrumento importante para mantener las dosis en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse. El grupo de protección radiológica tendría que participar en la planificación de cualquier actividad que pueda entrañar dosis significativas y debería prestar asesoramiento sobre las condiciones necesarias para emprender actividades en zonas de radiación y zonas de contaminación.

3.40. La planificación del trabajo tendría que abarcar la indicación de procedimientos por escrito, según proceda. En esa planificación se debería especificar lo siguiente:

**Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.**

- a) información sobre actividades similares realizadas anteriormente;
- b) inicio previsto de la actividad, duración probable y recursos de personal necesarios;
- c) estado operacional de la central (parada fría o parada caliente, funcionamiento a plena potencia o con potencia reducida);
- d) otras actividades en la misma zona, o en una zona alejada de la planta, que puedan interferir con el trabajo o debido a las cuales éste deba realizarse de determinada manera;
- e) necesidad de preparación o suministro de asistencia para determinadas operaciones (como las de aislamiento del proceso, montaje de andamios u otras operaciones de aislamiento);
- f) necesidad de ropa protectora y listado de instrumentos que vayan a utilizarse;
- g) procedimientos de comunicación para garantizar el control de supervisión y la coordinación;
- h) manipulación de los desechos resultantes;
- i) requisitos y recomendaciones para la seguridad industrial en general.

3.41. Se deberían determinar con claridad las responsabilidades con respecto a las conexiones entre los diferentes grupos de trabajo. Sería conveniente designar un supervisor responsable de las actividades para que verifique que todos los participantes hayan recibido la capacitación - incluso en materia de protección radiológica - que se requiera según el tipo de actividad y las condiciones en que ésta deba realizarse.

3.42. Gracias a la planificación del trabajo se debería garantizar la existencia oportuna del personal, los instrumentos, el equipo y los materiales necesarios, así como la verificación de su plena disponibilidad antes de iniciar las actividades y el suministro de instrucciones estándar para la adopción de medidas en caso de que surjan situaciones anormales. Sería conveniente estudiar la posibilidad de utilizar maquetas para impartir capacitación (véase la sección 5).

3.43. Es posible que la zona de trabajo deba prepararse, por ejemplo: acordonándola y colocando señales de advertencia; instalando cubiertas temporales para retener la contaminación; y habilitando vestuarios para ropas protectoras, recipientes para desechos sólidos, monitores de radiación adicionales, blindajes radiológicos temporales o dispositivos de ventilación.

3.44. En el caso de las tareas que requieran precauciones radiológicas se debería expedir normalmente un permiso de trabajo con radiaciones (PTR). Una copia del PTR tendría que presentarse al supervisor del trabajo y el grupo de trabajo debería

retenerla hasta la finalización del mismo. Además de la descripción del trabajo, el PTR podría incluir diversos tipos de información e instrucciones, por ejemplo:

- a) información detallada sobre las tasas de dosis medias y las posibles zonas de actividad elevada en la zona de trabajo determinadas mediante un reconocimiento previo al inicio de las actividades o estimadas con otros métodos;
- b) estimaciones de los niveles de contaminación y de su posible variación durante la realización del trabajo;
- c) dosímetros adicionales que deban utilizar los trabajadores;
- d) equipo protector que deba utilizarse en las diferentes fases del trabajo;
- e) posibles restricciones del tiempo de trabajo y de las dosis;
- f) instrucciones acerca de las circunstancias en que sea preciso ponerse en contacto con el grupo de protección radiológica.

3.45. Un miembro autorizado del grupo de operaciones y otro del grupo de protección radiológica deberían firmar el PTR para confirmar que, si se adoptan las precauciones previstas, el trabajo descrito podrá realizarse en condiciones de seguridad.

3.46. La persona encargada de planificar las operaciones tendría que expedir el PTR a la persona que vaya a supervisar o realizar el trabajo. La persona encargada de las operaciones debería firmar el PTR para confirmar que las condiciones del lugar de trabajo son las previstas en el permiso. Si fuere necesario, el PTR debería modificarse para tener en cuenta posibles cambios en las condiciones durante la ejecución del trabajo.

3.47. Una vez completada la tarea, la persona que la haya supervisado o realizado tendría que devolver el PTR a la persona encargada de las operaciones certificando con ello la conclusión del trabajo, la retirada de todo el personal participante y el posible restablecimiento seguro de las condiciones de funcionamiento normales del lugar de trabajo.

## ROPA Y EQUIPO DE PROTECCIÓN

3.48. En las zonas controladas debería utilizarse ropa protectora para prevenir tanto la contaminación de la piel y la ropa personal como la difusión de la contaminación fuera de esas zonas. Se tendría que proporcionar guantes de varios tipos y materiales para proteger las manos en actividades con equipo contaminado. En caso de fugas al suelo sería conveniente utilizar botas desechables o lavables de caucho o de plástico.

3.49. En algunas tareas deberían proporcionarse prendas adicionales para llevar encima de los overoles (o monos) normales. En actividades que requieran mucho esfuerzo físico, o como medida de protección contra riesgos de contaminación por tritio, se tendrían que facilitar trajes de plástico más resistente, si fuese necesario ventilados. Estos trajes se pueden presurizar suministrando aire puro respiratorio mediante un compresor o con botellas de aire presurizado.

3.50. Se debería tener presente que en las zonas donde exista, o sea posible que se produzca durante las tareas, contaminación aérea o contaminación superficial suelta, puede ser necesario el uso de equipo respiratorio protector. Ese equipo tendría que responder a las especificaciones previstas en el PTR y deberían cumplirse los procedimientos administrativos pertinentes.

3.51. El equipo respiratorio protector que se entregue a una persona debería protegerla eficazmente contra los radionucleidos específicos a los que esté expuesta. Utilizando como guía un conjunto predeterminado de factores de protección se tendría que seleccionar equipo capaz de proporcionar el grado de protección necesario para reducir al mínimo la dosis total.

3.52. El uso de algunos elementos de equipo protector puede prolongar el tiempo de trabajo, con el consiguiente aumento de la dosis externa recibida durante su ejecución. Al adoptar decisiones acerca del tipo de equipo que deba utilizarse se debería tener en cuenta que en algunos casos su uso puede suponer para el trabajador una dosis externa adicional superior a la dosis interna evitada.

3.53. Tras su utilización, la ropa y el equipo respiratorio de protección deberían considerarse contaminados y tendrían que ser manipulados como tales.

3.54. Es posible que para reducir las dosis cuando se trabaje en zonas de radiación y en zonas contaminadas deban utilizarse otros tipos de equipo especial, a saber: blindajes portátiles; equipo de ventilación portátil con filtros de escape local; instrumentos de telemanipulación; equipo especial de monitorización y comunicaciones; contenedores temporales especiales para desechos radiactivos sólidos; y contenedores para líquidos radiactivos.

3.55. El personal del emplazamiento, incluido el personal del contratista, debería estar debidamente capacitado y cualificado para utilizar ropa protectora y equipo protector especial, según proceda. Las personas encargadas de manipular, entregar o descontaminar esos elementos de protección también tendrían que recibir la instrucción pertinente.

## INSTALACIONES, BLINDAJE Y EQUIPO

3.56. La Dirección debería habilitar algunas instalaciones necesarias para un control radiológico eficaz en el funcionamiento y mantenimiento de la central nuclear y para responder a emergencias, a saber:

- a) una oficina de operaciones de protección radiológica, una instalación para la calibración de instrumentos y salas para preparar muestras y medir la actividad;
- b) un vestuario para ropa protectora con instalaciones de lavado y de ducha, una lavandería para ropa protectora, una sala de descontaminación personal y una sala de primeros auxilios;
- c) una instalación con equipo de descontaminación, una zona de almacenamiento de prendas e instrumentos contaminados, un taller especial de mantenimiento de componentes radiactivos y un almacén de fuentes de radiación;
- d) instalaciones e instrumentos apropiados para la gestión, el acondicionamiento y el almacenamiento de desechos radiactivos, y equipo para la manipulación y el transporte de diferentes tipos de desechos radiactivos.

3.57. La central tendría que estar equipada con materiales de blindaje radiológico de diversos tipos para su uso temporal en determinadas tareas, por ejemplo: mantas de plomo (cubiertas flexibles de lana de plomo), láminas y ladrillos de plomo, láminas de perspex transparente y bloques de concreto.

3.58. Para el transporte de objetos activados dentro del emplazamiento (como detectores del núcleo o piezas sueltas activadas en el núcleo del reactor) tendrían que utilizarse embalajes idóneos. Los embalajes deberían tener un blindaje apropiado, con una indicación clara de que solo han de utilizarse para el transporte de objetos activados dentro del emplazamiento.

3.59. Además del equipo para la monitorización del lugar de trabajo y la monitorización individual enumerado en el párrafo 3.29, el equipo de control radiológico también puede abarcar:

- a) suministros varios, como blindajes móviles, señales, cuerdas, stands, equipo y documentos de muestreo;
- b) equipo de emergencia, como colectores de muestras de aire autoalimentados y ropa protectora adicional (convendría examinar el

- posible suministro de vehículos de emergencia, botes, aparatos de radio y otros elementos de equipo especiales para casos de emergencia);
- c) equipo protector personal, como ropa protectora y equipo respiratorio protector y suministro de aire puro respiratorio mediante un compresor;
  - d) instrumentos meteorológicos.

3.60. Se deberían adoptar medidas para garantizar el mantenimiento adecuado del equipo.

## VIGILANCIA DE LA SALUD

3.61. “Los programas de vigilancia de la salud deberán:

- a) basarse en los principios generales de la salud ocupacional;
- b) tener por objetivo la evaluación de la aptitud inicial y permanente de los trabajadores para las tareas a que se les destine” (referencia [2], párrafo I.43).

3.62. La entidad explotadora “deberá adoptar disposiciones para realizar una vigilancia de la salud adecuada en conformidad con los reglamentos establecidos por la autoridad reguladora [el órgano regulador]” (referencia [2], párrafo I.41). Tendría que utilizar los servicios de un médico con la debida capacitación en protección radiológica, que conozca bien los efectos biológicos de la exposición a la radiación y los riesgos que ella entraña, tanto en las operaciones rutinarias como a raíz de un accidente [6].

3.63. Después del examen médico inicial, sería preciso determinar si se ha de mantener una vigilancia continua de la salud de las personas y en qué debería consistir. El supervisor del programa de vigilancia de la salud debería tener acceso a toda la información relativa a las condiciones de trabajo que puedan influir en la salud de los trabajadores y ha de tener acceso a los registros de dosis de cada uno de ellos (referencia [2], párrafo I.47). También debería disponer de información sobre cambios en las condiciones de trabajo (como revisiones de las descripciones de funciones o de las descripciones del entorno de trabajo) y de información relativa al estado de salud de las personas (por ejemplo, sobre inasistencias por enfermedad).

3.64. Sería conveniente recabar la opinión del supervisor del programa de vigilancia de la salud acerca de la ropa y el equipo respiratorio de protección que el personal deba utilizar en el desempeño de sus funciones.

3.65. En general, la información médica específica acerca de una persona es confidencial. Sin embargo, si el estado de salud de una persona le impide realizar su labor, el médico debería informar a la Dirección, según proceda, de conformidad con las recomendaciones del órgano regulador.

3.66. En el Informe de seguridad sobre *Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation* [20] se proporciona más información a este respecto.

## APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN

### Objetivos y tareas

3.67. Para controlar la exposición del personal a la radiación, en el diseño y la explotación de una central nuclear se debe prestar atención a la optimización de la protección radiológica [1] y [21] (véanse los párrafos 2.14 a 2.33) a fin de mantener las dosis en los valores más bajos que puedan razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales. En consonancia con este requisito, al examinar los procedimientos de trabajo y las actividades se debería asignar máxima prioridad a la reducción de las dosis. Para la optimización sería preciso tener en cuenta una jerarquía de medidas de control. En primer lugar, debería estudiarse la posible retirada de la fuente de radiación o la reducción de su intensidad. Solo después debería plantearse el uso de medios mecánicos para reducir las dosis. Posteriormente, tendría que estudiarse el uso de sistemas de trabajo y, por último, el uso de equipo personal protector. Entre los posibles métodos de reducción de las dosis deberían figurar:

- a) la reducción de los niveles de radiación en las zonas de trabajo, por ejemplo, mediante el uso de blindajes temporal;
- b) la reducción de la contaminación superficial y aérea;
- c) la reducción del tiempo de trabajo en las zonas controladas;
- d) la optimización del número de trabajadores en el grupo de trabajo;
- e) el alejamiento de la fuente principal de radiación;
- f) la determinación, dentro del área controlada, de zonas de dosis bajas a las que puedan dirigirse los trabajadores cuando su tarea se interrumpa brevemente.

Se debería tener en cuenta la experiencia adquirida en actividades anteriores.

3.68. En el PPR tendrían que indicarse, concretamente, tanto los objetivos y las estructuras como los procedimientos e instrumentos para la ejecución del programa. En general, esto abarcará:

- a) el establecimiento de las metas y los objetivos del programa, por ejemplo, límites aplicables a las dosis colectivas en el año, a las paradas y a determinadas tareas;
- b) la indicación de los procedimientos de protección radiológica (por ejemplo, la coordinación de las paradas y la creación de grupos específicos de protección radiológica);
- c) la determinación de responsabilidades y niveles de autoridad, teniendo presentes las valiosas contribuciones que pueden aportar los trabajadores en la formulación y el mantenimiento del PPR;
- d) el establecimiento de los procedimientos de trabajo y de recomendaciones para la preparación, la ejecución y el análisis de las tareas una vez concluidas las operaciones (por ejemplo, técnicas de reducción de la exposición, exámenes de los proyectos y sesiones informativas previas a la realización de las tareas);
- e) el suministro de medios para evaluar el resultado de las actividades de protección radiológica; por ejemplo, un sistema de monitorización que proporcione en ambos sentidos de la cadena de gestión retroinformación oportuna y periódica sobre el grado de realización de las metas y los objetivos del programa;
- f) el establecimiento de las medidas necesarias para ejercer acciones correctivas si la información recibida indica la existencia de fallos o deficiencias en el programa.

### **Asignación de responsabilidades**

3.69. La responsabilidad por la aplicación del PPR debería asignarse a la totalidad de los trabajadores y directivos, cada uno en su propia esfera de actividad. Las respectivas responsabilidades tendrían que definirse con claridad, sobre todo en lo que respecta al director de la central, los directores de departamento, el oficial/encargado de protección radiológica, los trabajadores de la central y los trabajadores del contratista.

3.70. Mientras que al director de la central le incumbe la responsabilidad general por las actividades, los directores de departamento tienen la responsabilidad de garantizar que el trabajo se realice con arreglo a los principios y procedimientos de protección radiológica. Además, cada persona es responsable de mantener su dosis de radiación en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse

aplicando la capacitación recibida y los procedimientos de protección radiológica y señalando a la Dirección cualquier posibilidad de reducir las dosis.

3.71. El director de la central es responsable por la aplicación del PPR con arreglo a la política y los objetivos de la entidad explotadora. A tal efecto, el director de la central:

- a) participa en la formulación de las metas y los objetivos del PPR de la central;
- b) presta apoyo al personal de la central, en particular al oficial/encargado de protección radiológica, en lo que se refiere a la aplicación de medidas de protección radiológica;
- c) vela por que existan cauces de comunicación abiertos a nivel institucional;
- d) examina el estado de las actividades encaminadas a reducir la exposición.

3.72. Los directores de departamento son responsables por la aplicación del PPR de la central (también llamado “programa ALARA”) en su esfera de actividad. A tal efecto deberían:

- a) definir las responsabilidades específicas de su departamento en el marco del programa;
- b) validar y controlar los procedimientos y métodos que se elaboren para alcanzar los objetivos;
- c) prestar apoyo a su personal en la aplicación del PPR;
- d) examinar periódicamente el desempeño de su departamento en lo que respecta al logro de los objetivos del PPR de la central.

3.73. El oficial/encargado de protección radiológica debería tener acceso directo al nivel más alto de la Dirección de la central para resolver problemas y atender cuestiones relacionadas con la protección radiológica, según proceda. El desempeño de este cargo entraña, entre otras, las siguientes responsabilidades:

- a) elaborar métodos y procedimientos para aplicar el PPR;
- b) determinar condiciones y operaciones que puedan ser causantes de exposición significativa;
- c) transferir a otros departamentos datos recibidos como retroinformación (por ejemplo, datos radiológicos o niveles de dosis);
- d) impartir un programa inicial de capacitación en protección radiológica y seguir contribuyendo al programa de capacitación.

3.74. El personal de protección radiológica es responsable por la realización de operaciones que garanticen el cumplimiento de las políticas de protección radiológica y la ejecución de las tareas con arreglo al principio ALARA. Entre sus responsabilidades deberían figurar las siguientes:

- a) prestar asistencia y asesoramiento a los trabajadores para asegurarse de que sepan aplicar el principio ALARA en su trabajo con radiaciones;
- b) llevar a cabo un seguimiento de las operaciones para cerciorarse de que se apliquen los procedimientos en materia de protección y seguridad tecnológica;
- c) detener las actividades en caso de desviaciones graves respecto de los límites de dosis o incremento significativo de los riesgos radiológicos para los trabajadores.

3.75. Por último, cada trabajador también debería tener responsabilidades específicas, por ejemplo:

- a) poner en práctica las medidas de control de la exposición previstas en el PPR;
- b) determinar y sugerir mejoras y buenas prácticas para reducir la exposición siempre que sea posible.

## REDUCCIÓN DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN

3.76. A fin de optimizar la protección radiológica de los trabajadores en todas las actividades que realicen en zonas de radiación (por ejemplo, tareas de mantenimiento, reparación, recarga, modificaciones de la central e inspección en el servicio) el PPR debería incluir acciones para eliminar materiales radiactivos cuya presencia en el emplazamiento resulte innecesaria.

3.77. La acumulación de residuos radiactivos en tuberías y componentes del sistema primario puede reducirse manteniendo bajo control la selección de los materiales y los parámetros químicos. En el diseño y el funcionamiento del reactor se debería asegurar la especificación y el control de esos materiales y parámetros para reducir al mínimo la producción y acumulación de radionucleidos.

3.78. Sería conveniente adoptar medidas para evitar la presencia de materiales extraños —como sustancias químicas, productos corrosivos y piezas sueltas— en el sistema primario. El transporte de productos corrosivos y de precursores de

productos de activación en el sistema primario se debería controlar para reducir los campos de radiación fuera del núcleo. Las piezas pequeñas —como barras para soldar, tornillos o tuercas— podrían desplazarse en el sistema y producir daños en componentes o en el combustible. Además, esos materiales, que pueden activarse si quedan atrapados en el combustible y después de cierto tiempo son liberados, podrían convertirse en una fuente de radiación significativa.

3.79. Siempre que sea pertinente y viable, durante la modificación de los sistemas de tuberías y durante las actividades de mantenimiento se tendría que retirar el cobalto del sistema primario para reducir al mínimo la producción de cobalto-60 por irradiación neutrónica. Los componentes que contienen cobalto, como asientos de válvulas y materiales para soldar asientos, deberían reemplazarse cuando sea posible por materiales con escasa o nula presencia de ese metal.

3.80. Al planificar los procedimientos operacionales aplicables en las paradas de la central sería preciso tener en cuenta la necesidad de reducir la probable presencia de transitorios con la consiguiente acumulación de materiales radiactivos, y siempre que sea viable deberían retirarse los productos corrosivos; por ejemplo, se podría estudiar la posibilidad de depurar el refrigerante.

## **4. PROGRAMA DE GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS, INCLUIDO EL CONTROL DE DESCARGAS**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

4.1. Los desechos radiactivos gaseosos, líquidos y sólidos se generan como subproductos en el funcionamiento de las centrales nucleares. La naturaleza y las cantidades de esos desechos dependerá de: el tipo de reactor; las características específicas del diseño; los procedimientos y las prácticas operacionales, con inclusión del mantenimiento, la recarga y los sucesos operacionales; la historia operacional de la central; y la integridad del combustible.

4.2. En su planificación estratégica general, la entidad explotadora debería establecer un programa de gestión de desechos radiactivos (PGDR) (véase la sección 2) que abarque medidas encaminadas a:

**Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.**

- a) mantener la generación de desechos radiactivos en el nivel más bajo posible, tanto por su actividad como por su volumen, utilizando la tecnología apropiada;
- b) reutilizar y reciclar los materiales en la medida de lo posible;
- c) clasificar y segregar los desechos correctamente, y mantener un inventario preciso de cada corriente de desechos radiactivos, teniendo en cuenta las distintas opciones de dispensa y de disposición final;
- d) recoger, caracterizar y almacenar los desechos radiactivos para que sean aceptablemente seguros;
- e) establecer una capacidad de almacenamiento adecuada para los desechos radiactivos que se prevea generar;
- f) garantizar que los desechos radiactivos se puedan recuperar al final del período de almacenamiento;
- g) tratar y acondicionar los desechos radiactivos de una manera compatible con la seguridad de su almacenamiento y disposición final;
- h) manipular y transportar los desechos radiactivos en condiciones de seguridad;
- i) controlar las descargas de efluentes al medio ambiente;
- j) llevar a cabo una monitorización para verificar el cumplimiento en la fuente y en el medio ambiente;
- k) realizar actividades de mantenimiento de las instalaciones y el equipo de recogida, procesamiento y almacenamiento de desechos para garantizar la seguridad y fiabilidad de esas operaciones;
- l) llevar a cabo una monitorización del estado de contención de los desechos radiactivos en su lugar de almacenamiento;
- m) llevar a cabo una monitorización – con inspecciones y análisis regulares – de los cambios en las características de los desechos radiactivos, sobre todo en el caso de períodos de almacenamiento prolongados;
- n) iniciar, cuando sea necesario, actividades de investigación y desarrollo para mejorar los métodos existentes de procesamiento de los desechos radiactivos o desarrollar nuevos métodos, y garantizar la disponibilidad de métodos idóneos para la recuperación de desechos radiactivos almacenados.

Sería preciso establecer un programa eficaz de garantía de calidad y preparar/mantener registros con arreglo a los requisitos y recomendaciones en materia de garantía de calidad (véanse los párrafos 2.45 y 2.46 y la sección 6).

## GENERACIÓN DE DESECHOS RADIACTIVOS

### **Desechos radiactivos gaseosos**

4.3. Si bien las fuentes de desechos radiactivos gaseosos varían según el tipo de reactor, entre las posibles fuentes cabe mencionar las siguientes: fugas del refrigerante, de los sistemas moderadores o del propio reactor; sistemas de desgasificación del refrigerante; eyectores o bombas de los condensadores de aire al vacío; el escape de los sistemas de juntas de estanqueidad de las turbinas; y activación o contaminación del aire ventilado. En todos los casos en las operaciones de almacenamiento o de manipulación el combustible gastado puede convertirse en una fuente de desechos radiactivos gaseosos.

4.4. Para mantener la generación de desechos radiactivos gaseosos en el nivel más bajo posible se deberían adoptar, entre otras, las siguientes medidas:

- a) hacer funcionar el reactor de manera de evitar fallos del combustible y optimizar el período de tiempo en que pueda haber combustible fugado en el núcleo del reactor;
- b) reducir las fugas de la barrera de presión del refrigerante primario;
- c) mantener las impurezas del refrigerante en el nivel más bajo posible;
- d) filtrar los efluentes gaseosos, según proceda.

Las actividades de mantenimiento se deberían planificar con sumo cuidado para reducir las posibles fugas de desechos gaseosos. En el anexo II se indican medidas para reducir las descargas de desechos radiactivos gaseosos procedentes de centrales nucleares.

### **Desechos radiactivos líquidos**

4.5. El refrigerante primario en los reactores refrigerados por agua y el agua procedente de las piscinas de almacenamiento de combustible son las principales fuentes de desechos radiactivos líquidos, ya que una parte de su contenido radiactivo puede pasar a la corriente de esos desechos a través de las corrientes o fugas del proceso. La composición de los desechos radiactivos líquidos puede variar considerablemente según el tipo de reactor y las contribuciones a la corriente pueden deberse a una disminución del refrigerante, a concentrados procedentes de evaporadores, a purgas del equipo, a drenajes en el suelo, a desechos de lavandería, a aceite contaminado y a desechos procedentes de la descontaminación y el mantenimiento de instalaciones y equipo.

4.6. Para mantener la generación de desechos radiactivos líquidos en el nivel más bajo posible se deberían aplicar, entre otras, las siguientes medidas:

- a) seleccionar correctamente los materiales para el reactor, por ejemplo, evitando los que contienen cobalto (véase el párrafo 3.79);
- b) hacer funcionar el reactor de manera de evitar fallos del combustible y optimizar el período de tiempo en que pueda haber combustible fugado en el núcleo del reactor;
- c) reducir las fugas del sistema refrigerante primario y de otros sistemas conectados al reactor;
- d) efectuar el ajuste químico del sistema refrigerante y evitar la formación de depósitos;
- e) planificar y ejecutar con sumo cuidado las tareas de mantenimiento adoptando las debidas precauciones para evitar la dispersión de la contaminación;
- f) adoptar las precauciones pertinentes para evitar la contaminación del equipo y de las salas a fin de reducir las labores de descontaminación;
- g) optimizar los procedimientos de descontaminación;
- h) reducir la producción de desechos secundarios seleccionando correctamente los métodos de procesamiento de los desechos.

En el anexo II se indican medidas para reducir las descargas de desechos radiactivos líquidos procedentes de centrales nucleares.

### **Desechos radiactivos sólidos**

4.7. Los desechos radiactivos sólidos se generan durante el funcionamiento y el mantenimiento de la central nuclear y de sus sistemas asociados de procesamiento de los desechos radiactivos gaseosos y líquidos. La naturaleza y los niveles de actividad de esos desechos varían considerablemente de una central a otra. Los desechos radiactivos sólidos pueden consistir en: resinas intercambiadoras de iones gastadas (de lecho o en polvo); filtros de cartuchos y tortas de filtros de precava; filtros particulados de sistemas de ventilación; lechos de carbón; herramientas; chatarra contaminada; componentes del núcleo; restos de conjuntos combustibles o de componentes del reactor; y trapos, ropa, papel y plástico.

4.8. Para mantener la producción de desechos radiactivos sólidos en el nivel más bajo posible se deberían reducir al mínimo las cantidades de desechos gaseosos y líquidos generados —con la consiguiente disminución de los desechos procesados— además de adoptar, entre otras, las siguientes medidas:

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

- a) planificar y ejecutar con sumo cuidado las tareas de mantenimiento;
- b) controlar con sumo cuidado el embalaje y la manipulación de los materiales radiactivos;
- c) evitar la generación de desechos radiactivos secundarios, por ejemplo, restringiendo la introducción de embalajes y otros materiales en las zonas controladas;
- d) asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de procesamiento de los desechos radiactivos gaseosos y líquidos;
- e) asegurar la eficacia tanto en los procedimientos de control de la contaminación como en los métodos de descontaminación;
- f) aplicar buenas prácticas de segregación, incluida la dispensa de materiales, en los puntos de generación de desechos;
- g) reutilizar y reciclar los materiales siempre que sea posible.

## CLASIFICACIÓN Y SEGREGACIÓN DE DESECHOS

4.9. Una gestión eficaz de los desechos radiactivos depende en parte de su correcta clasificación y segregación.

4.10. En la publicación *Classification of Radioactive Waste*, Colección de Seguridad del OIEA N° 111-G-1.1, [22], se proporciona información sobre la clasificación de desechos y se distingue entre desechos de actividad alta (HLW), desechos de actividad baja e intermedia (LILW) y desechos que pueden dispensarse del control reglamentario nuclear. Los LILW se dividen en desechos de período corto y desechos de período largo (véase el anexo III). Esta clasificación está relacionada con la disposición final de los desechos radiactivos. Cuando no pueden ser dispensados del control reglamentario nuclear, los desechos operacionales procedentes de centrales nucleares suelen corresponder a la categoría LILW de período corto. En cuanto desecho, el combustible gastado entraría en la categoría HLW.

4.11. En función de las necesidades en las instalaciones de que se trate deberían elaborarse instrucciones adicionales para la segregación de los desechos. A los efectos de adoptar disposiciones acerca del tratamiento, la manipulación y el almacenamiento de los desechos es conveniente clasificarlos además en función de:

- a) su origen;
- b) sus formas físicas y químicas;
- c) el contenido de radionucleidos y la actividad total y específica;

- d) los métodos previstos para su procesamiento, almacenamiento y disposición final.

4.12. También se debería tener presente que algunos tipos de desechos radiactivos requieren especial consideración, por ejemplo, los que contienen radionucleidos emisores alfa, cuya aparición puede deberse al combustible deteriorado. También se debería prestar especial atención a los materiales peligrosos, ya sean inflamables, pirofóricos, corrosivos o de otro tipo. Sería preciso evitar cualquier mezcla de estos tipos de desechos con LILW de período más corto.

4.13. A los efectos de su tratamiento, los desechos radiactivos gaseosos se deberían dividir en desechos que proceden directamente de los sistemas refrigerantes primarios del reactor y los que proceden de la ventilación de las zonas de la central.

4.14. Con miras a su procesamiento, los desechos radiactivos líquidos, principalmente acuosos, se tendrían que dividir en función de su actividad específica y de su contenido de sustancias químicas. Por ejemplo, es posible que en el caso de los desechos radiactivos que contienen ácido bórico o materias orgánicas se requiera un tratamiento especial. Los desechos radiactivos no acuosos, como el aceite, deberían segregarse para su tratamiento por separado.

4.15. Los desechos radiactivos sólidos se tendrían que clasificar en función de su naturaleza y actividad; por ejemplo, los fangos, los filtros de cartuchos, el equipo y los componentes contaminados, los filtros de ventilación y los elementos varios (como papel, plástico o toallas) se pueden segregar según el tipo de proceso indicado para su tratamiento y acondicionamiento, por ejemplo, compactación, incineración o inmovilización.

4.16. La segregación de los desechos radiactivos en las categorías pertinentes debería realizarse lo más cerca posible de su punto de generación. Esa labor se tendría que ejecutar siguiendo procedimientos por escrito.

## ALMACENAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS

4.17. El almacenamiento y la caracterización de los desechos radiactivos pueden realizarse tanto entre las distintas etapas de la gestión de esos desechos como durante cualquiera de ellas.

4.18. Se debería establecer —si fuera posible en forma modular y gradual— una capacidad de almacenamiento suficiente para todos los desechos radiactivos generados tanto en el funcionamiento normal de la central como en los sucesos operacionales previstos, que no puedan ser objeto de disposición final, descarga o dispensa del control reglamentario nuclear. En el diseño de las instalaciones de almacenamiento convendría tener en cuenta las distintas características de los desechos, la posibilidad de que sea preciso recuperarlos en el futuro y las posibles consecuencias de cualquier manipulación inadecuada. Los conjuntos de combustible irradiados son, con mucho, los desechos que contienen más cantidad de radionucleidos y los que presentan el mayor peligro potencial. Estos desechos deben almacenarse de una manera que asegure su subcriticidad y la disipación del calor residual con arreglo a los requisitos y las recomendaciones vigentes (referencia [5], párrafo 5.28).

4.19. Siempre debería haber una reserva de capacidad de almacenamiento para afrontar cualquier suceso imprevisto, como el retraso en la expedición de desechos radiactivos desde el emplazamiento o la necesidad de efectuar reparaciones en la instalación de almacenamiento. Para asegurar una reserva adecuada de capacidad de almacenamiento sería preciso llevar un control riguroso de los desechos mediante un inventario actualizado de los mismos, indicando, si fuera necesario, su ubicación. En el caso de los desechos radiactivos sólidos, en particular los materiales a granel, se debería hacer pleno uso de la capacidad del almacén mediante la colocación o recolocación adecuada de su contenido.

4.20. La acumulación excesiva de desechos radiactivos no tratados y/o no acondicionados puede entrañar peligros y siempre que sea razonablemente posible sería preciso evitarla mediante una programación adecuada de las operaciones de tratamiento y/o acondicionamiento.

4.21. Los desechos radiactivos deberían almacenarse en contenedores adecuados que soporten las condiciones en que probablemente vayan a conservarse y mantengan su integridad durante el período de almacenamiento necesario. Siempre que sea razonablemente posible, los recipientes de almacenamiento, las tuberías y otros componentes de la central que funcionen como elementos de contención de desechos radiactivos deberían tener una barrera adicional (contención secundaria) con capacidad suficiente para afrontar cualquier fuga o derrame en condiciones de seguridad. Para asegurar la detección, localización y evaluación de cualquier fuga de la contención sería preciso instalar, según proceda, un número apropiado de dispositivos de monitorización con alarma.

4.22. La caracterización de los desechos radiactivos debería abarcar todas las etapas de su gestión. El proceso de caracterización tendría que incluir la medición de los parámetros físicos y químicos, la determinación de los radionucleidos y la medición del contenido de actividad. Esas mediciones son necesarias tanto para efectuar una monitorización de los desechos o de los bultos de desechos a través de las etapas de acondicionamiento, almacenamiento y disposición como para mantener los registros pertinentes con miras al futuro. A fin de proporcionar información sobre el funcionamiento de las centrales y ayudar a reducir las cantidades de desechos generadas, también debería efectuarse una monitorización de la introducción de los desechos radiactivos en los procesos de pretratamiento, tratamiento y acondicionamiento.

4.23. La medición de las tasas de dosis y de la contaminación superficial para los contenedores de desechos tendría que efectuarse con arreglo a procedimientos establecidos y en ambos casos los niveles medidos deberían corresponder a los requisitos del órgano regulador.

## PROCESAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

4.24. El funcionamiento y el control de los sistemas de procesamiento (pretratamiento, tratamiento y acondicionamiento) de desechos radiactivos tendrían que ajustarse a procedimientos por escrito tanto en las operaciones normales como en los sucesos operacionales previstos. En estos procedimientos se deberían tener en cuenta el propósito del diseño y los límites y condiciones operacionales, incluidos los límites de descarga autorizados, los niveles de dispensa y los criterios para mantener las dosis en los valores más bajos razonablemente alcanzables.

4.25. El diseño, el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas de procesamiento de desechos deberían responder a un programa en el que se tuvieran en cuenta los modos operacionales de la central, como la puesta en marcha, el funcionamiento a plena potencia y las paradas.

4.26. Los desechos radiactivos tendrían que procesarse lo antes posible para reducirlos a un estado pasivamente seguro y evitar su dispersión durante el almacenamiento y la disposición final.

4.27. Los bultos de desechos resultantes del acondicionamiento están sujetos a los requisitos aplicables a la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la disposición final. Para obtener el producto deseado, todas las operaciones

deberían realizarse con arreglo a procedimientos establecidos y estar sujetas a requisitos en materia de garantía de calidad [13].

### **Desechos gaseosos**

4.28. En la utilización de los sistemas de tratamiento de desechos radiactivos gaseosos se debería tener en cuenta: la cantidad de gas que haya de tratarse; la actividad; el contenido de radionucleidos en el gas; las concentraciones de materiales particulados; la composición química; la humedad, la toxicidad; y la posible presencia de sustancias corrosivas o explosivas.

4.29. Los gases nobles con períodos de semidesintegración cortos se deberían mantener en depósitos de retención u otros sistemas de retardo a la espera de que los radionucleidos se desintegren hasta alcanzar unos niveles aceptables de actividad o de concentración de actividad antes de descargarlos.

4.30. Para retirar los materiales particulados se tendrían que utilizar medios apropiados, como el filtrado. Sería conveniente efectuar un monitoreo de los parámetros decisivos para el uso eficaz del sistema de filtrado.

4.31. Las sustancias volátiles se deberían retirar de los desechos radiactivos gaseosos, por ejemplo, haciendo pasar los gases por un agente absorbente, como el carbón. Sería preciso efectuar una monitorización de los parámetros que indican el grado de eficiencia del medio filtrante en los sistemas utilizados y, cuando procede, la necesidad de reemplazar los materiales absorbentes.

4.32. Cuando sea necesario, el personal encargado de las tareas de prueba, mantenimiento o sustitución de los filtros o los lechos absorbentes debería llevar ropa y aparatos respiratorios de protección apropiados para reducir al mínimo la inhalación de materiales particulados acumulados en los filtros o en las estructuras.

4.33. Cuando existen materiales combustibles o pueden formarse mezclas explosivas, se tendrían que establecer y aplicar medidas adecuadas de prevención y control para reducir los peligros potenciales.

### **Desechos líquidos**

4.34. En el funcionamiento de los sistemas de procesamiento de desechos radiactivos líquidos se deberían tener en cuenta las cantidades de líquidos que haya que tratar, los radionucleidos presentes, la actividad, las concentraciones de

materiales particulados, la composición química, la toxicidad y la posible presencia de sustancias corrosivas.

4.35. Los flujos de entrada se deberían caracterizar, sobre todo en las instalaciones nuevas, antes de que la corriente de desechos líquidos llegue a la planta de procesamiento o bien al principio de las actividades de procesamiento; eso permite segregar correctamente los distintos tipos de desechos y, cuando existen varias opciones de procesamiento, seleccionar los métodos más eficaces.

4.36. Normalmente, un procesamiento eficaz de los desechos líquidos tendría que basarse en las siguientes prácticas:

- a) Cuando el explotador disponga de más de un medio para procesar los desechos radiactivos líquidos, la selección debería efectuarse después de un examen cuidadoso de todos los factores, entre ellos, la exposición ocupacional, la exposición del público y la generación de desechos secundarios.
- b) Los desechos de mayor actividad no deberían mezclarse con los de menor actividad cuando pueda ser más fácil la contención y el blindaje de un pequeño volumen de desechos de mayor actividad.
- c) Los desechos radiactivos con mayor contenido de sólidos disueltos o dispersos no deberían mezclarse con los que contengan esos sólidos en menor cantidad porque ello complicaría el procesamiento de estos últimos. Sería preciso determinar si existe compatibilidad química tanto entre las diferentes corrientes de desechos como entre los desechos radiactivos y el equipo.
- d) Si después del tratamiento y el acondicionamiento los líquidos se reciclan, sería preciso tener en cuenta la posible contaminación química cruzada para evitar la necesidad de ampliar las tareas de procesamiento.
- e) Convendría tener en cuenta la posible incompatibilidad entre los desechos radiactivos y los componentes de la planta de tratamiento y acondicionamiento (por ejemplo, por corrosión o incrustación en los evaporadores) y en el procesamiento de los desechos debería aplicarse un control estricto de su composición química.
- f) Cuando haya que procesar desechos radiactivos cuya composición sea poco habitual, sería conveniente limpiar con agua a presión el equipo antes de volver a utilizarlo en tareas normales.
- g) Todos los parámetros pertinentes para el procesamiento adecuado de los desechos deberían estar bajo control estricto en la central y se tendrían que respetar las recomendaciones en materia de protección radiológica.

4.37. En el acondicionamiento de desechos sería preciso utilizar material matriz idóneo, si fuera necesario, y contenedores adecuados. Éstos deberían llenarse, cerrarse y etiquetarse correctamente a fin de obtener bultos aptos para su manipulación, transporte, almacenamiento y disposición final.

### **Desechos sólidos**

4.38. Es posible que los desechos sólidos no sean homogéneos. Se debería tener la precaución de efectuar un muestreo representativo antes del procesamiento para confirmar la compatibilidad con el proceso previsto, y en la medida de lo posible sería preciso adoptar las disposiciones pertinentes a tal efecto. También habría que adoptar disposiciones para someter los productos finales a un control sistemático que permita determinar si se han cumplido las recomendaciones y los requisitos establecidos.

4.39. Existe un gran número de procesos para producir bultos de desechos aceptables. La selección de esos procesos debería basarse en las características de los desechos de que se trate, teniendo debidamente en cuenta la desintegración radiactiva. Cuando sea posible, deberían aplicarse procesos con factores de reducción de desechos de gran volumen mediante técnicas de eficacia comprobada, como la compactación o la incineración.

4.40. Si, en lugar de una planta permanente, la entidad explotadora utiliza para el acondicionamiento una unidad móvil, habría que tener sumo cuidado en evitar la contaminación innecesaria en las operaciones de conexión y desconexión con dicha unidad.

### **TRANSPORTE DE DESECHOS RADIATIVOS**

4.41. Los desechos radiactivos se pueden procesar en la central nuclear o bien en una instalación fuera del emplazamiento. Si bien sería preferible la gestión interna de los desechos, en algunos casos su transporte a instalaciones fuera del emplazamiento resulta ventajoso (por ejemplo, para incineración) o necesario (a un repositorio). Los desechos radiactivos solo deberían trasladarse de un emplazamiento nuclear a otro emplazamiento u otra instalación si el órgano regulador autoriza su transporte.

4.42. El transporte de desechos radiactivos, tanto dentro de los países como entre ellos, está sujeto a la reglamentación nacional e internacional de los modos de

transporte seguro de materiales radiactivos, la cual, por lo general, se basa en el Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos [23] del OIEA.

4.43. La planificación del transporte de desechos radiactivos debería abordarse en una etapa temprana de la elaboración de su programa de gestión.

4.44. Los medios de transporte de desechos radiactivos (por carretera, por ferrocarril, por vías navegables o por vía aérea) tendrían que examinarse en una etapa temprana y ese transporte debería cumplir la reglamentación pertinente. Los bultos para el transporte de desechos radiactivos tendrían que prepararse aplicando procedimientos operacionales por escrito debidamente aprobados. La manipulación de esos desechos en una instalación o en un emplazamiento debería efectuarse con las debidas precauciones, las cuales dependerán principalmente de la naturaleza de los desechos y de los requisitos específicos para su embalaje establecidos por el órgano regulador.

## CONTROL DE DESCARGAS Y VIGILANCIA DEL CUMPLIMIENTO

4.45. Antes del comienzo de las operaciones la entidad explotadora debería proponer al órgano regulador niveles de descargas gaseosas y líquidas y demostrar que su aplicación permitiría cumplir la reglamentación nacional [2, 7]. Estos niveles se establecen para garantizar que la radiación a los miembros de la población causada por las descargas no sea superior a una fracción del límite de dosis a la población (la restricción de dosis) cuando se aplique al grupo crítico, y que esas dosis sean las más bajas que puedan razonablemente alcanzarse (véase el párrafo 2.25). Al establecer los niveles de descarga que se vayan a proponer sería conveniente tener en cuenta las descargas previstas correspondientes a todos los estados operacionales de la central y, si fuera posible, también a los cambios operacionales que pudieran introducirse en el futuro.

4.46. Como se indicó en el párrafo 2.13, los niveles de descargas propuestos deberían basarse en la evaluación de sus impactos radiológicos mediante una modelización predictiva. Sería preciso estimar las dosis previstas a las personas más expuestas. Tal vez sea necesario estudiar los hábitos de la población para determinar cuáles son las personas que podrían resultar más expuestas como resultado de las descargas (miembros del grupo crítico o de otros grupos de la población). Convendría tener en cuenta la distancia a que se encuentran de la central, su consumo de alimentos, el origen de los alimentos y del agua que consumen, así como cualquier hábito o práctica que pueda causarles una exposición a la radiación superior a la media.

4.47. Después de examinar las propuestas de la entidad explotadora, el órgano regulador tendría que establecer los límites de descarga autorizados. Todas las descargas deberían corresponder a los límites de descarga autorizados por el órgano regulador.

4.48. Sería preciso demostrar el cumplimiento de los niveles de descarga autorizados mediante una monitorización en la fuente de la descarga y confirmarlo con mediciones en el medio receptor (como el agua o el aire). La monitorización puede consistir en mediciones continuas y/o en muestreos representativos y mediciones intermitentes, según proceda. En el caso de las descargas intermitentes al agua, la evaluación debería efectuarse mediante un muestreo representativo y mediciones antes y, según proceda, también en el transcurso y después a cada descarga.

4.49. Se deberían adoptar disposiciones para poder detectar rápidamente cualquier descarga anormal de radionucleidos, y para determinar y analizar los radionucleidos radiológicamente significativos presentes en las descargas tanto líquidas como gaseosas.

4.50. Si se ha rebasado o es posible que se haya rebasado un límite de descarga autorizado, la entidad explotadora debería investigar el caso y:

- a) poner fin a la descarga y adoptar medidas correctoras;
- b) estimar las cantidades de sustancias radiactivas emitidas;
- c) registrar todos los detalles pertinentes;
- d) notificar con prontitud al órgano regulador siguiendo los procedimientos establecidos a tal efecto;
- e) investigar y determinar las causas de cualquier incumplimiento.

4.51. Si fuera necesario, se deberían emprender acciones de respuesta de emergencia.

### **Monitorización de fuentes**

4.52. Por “monitorización de fuentes” se entiende la medición tanto de las descargas como de los campos de radiación alrededor de las fuentes. El programa de monitorización de fuentes debería diseñarse de manera que permita verificar el cumplimiento de los límites de exposición externa y de los límites y criterios de descarga establecidos por el órgano regulador. Para monitorizar las descargas radiactivas puede ser necesario realizar mediciones de determinados radionucleidos o de la actividad total, según proceda. Normalmente, las mediciones deberían

realizarse antes de la emisión o en el punto de emisión (por ejemplo, la chimenea, en el caso de las descargas a la atmósfera, o la tubería de descarga, si se trata de desechos líquidos). En el caso de las descargas en tandas lo más apropiado es caracterizar los materiales de descarga sobre la base del volumen de la tanda y de la composición de radionucleidos de una muestra tomada en el depósito de los materiales homogeneizados antes de su descarga en tandas.

4.53. En lo que respecta a los efluentes aéreos y los efluentes líquidos, debería considerarse la posibilidad de efectuar tres tipos de mediciones:

- a) monitorización en línea de las descargas;
- b) muestreo continuo y medición en laboratorio de la actividad en las muestras;
- c) muestreo intermitente y medición en laboratorio de las concentraciones de actividad en las muestras.

Para seleccionar el método de muestreo y los procedimientos de medición se deberían tener en cuenta:

- a) las características y las cantidades de los radionucleidos descargados y la sensibilidad del sistema de medida;
- b) la variación con el tiempo, si la hubiere, de la tasa de descarga de los radionucleidos;
- c) las posibles descargas no previstas que es preciso detectar y notificar con prontitud.

### **Monitorización del medio ambiente**

4.54. Se tendría que aplicar un programa de monitorización del medio ambiente acorde con los requisitos del órgano regulador. Dos o tres años antes de la fecha prevista para la puesta en servicio de la central debería aplicarse un programa preoperacional que abarcara la medición de los niveles de radiación de fondo en las proximidades de la central y sus variaciones durante y entre las estaciones. Ese programa también tendría que servir de base para el programa operacional de monitorización del medio ambiente y debería prever la toma rutinaria y el análisis del contenido de radionucleidos de varios tipos de muestras —por ejemplo, muestras de la vegetación, el aire, la leche, el agua, los sedimentos, los peces y los diversos medios— en diferentes lugares fijos situados fuera del emplazamiento.

4.55. Tendría que haber una continuidad entre el programa preoperacional y el operacional, cuya aplicación debería responder a las orientaciones contenidas en

la referencia [7]. Durante el programa operacional se deberían tomar muestras similares a las del programa anterior, pero los intervalos entre las tomas podrían variar (por ejemplo, los muestreos de la leche podrían ser más frecuentes y los de los sedimentos más espaciados). Sería conveniente revisar el programa operacional y, si fuera necesario, modificarlo a la luz de la experiencia. Se debería diseñar un programa capaz de proporcionar información para:

- a) confirmar la adecuación del control de las descargas de efluentes;
- b) correlacionar los resultados de la monitorización del medio ambiente con los datos de la monitorización en las fuentes de las descargas;
- c) verificar la validez de los modelos ambientales utilizados para establecer los límites autorizados;
- d) fomentar la confianza de la población;
- e) evaluar las tendencias en las concentraciones de radionucleidos en el medio ambiente.

## MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y EL EQUIPO

4.56. La entidad explotadora debería preparar y aplicar un plan de mantenimiento, prueba, vigilancia e inspección de las instalaciones y el equipo de gestión de los desechos radiactivos que revistan importancia para la seguridad, incluidas las estructuras civiles utilizadas para su almacenamiento.

4.57. Las tareas de mantenimiento tendrían que tener la calidad y frecuencia necesarias para garantizar la conformidad de los niveles de fiabilidad y eficacia de las instalaciones y el equipo con los supuestos y el propósito del diseño. En general, dicho plan se debería preparar teniendo en cuenta:

- a) el análisis de los requisitos en materia de mantenimiento sobre la base de la experiencia previa o de otros datos aplicables (por ejemplo, recomendaciones de los fabricantes);
- b) la planificación del trabajo en relación con la disponibilidad tanto de personal cualificado como de instrumentos y materiales (por ejemplo, piezas de recambio);
- c) el programa de monitorización para la protección radiológica y la seguridad industrial;
- d) la posibilidad de que se produzca una pérdida de contención.

4.58. La gestión de desechos radiactivos está sujeta, según proceda, a los requisitos de mantenimiento, prueba, vigilancia e inspección para el funcionamiento de una central enunciados en la sección 6 de la referencia [1].

## 5. CAPACITACIÓN

5.1. “Las organizaciones que desarrollan actividades de importancia para la seguridad deberán cerciorarse de que exista un número suficiente de personal debidamente capacitado y autorizado trabajando de conformidad con procedimientos aprobados y de validez comprobada” (referencia [24], Principio 6). La entidad explotadora “deberá cuidar, en el caso de todos los trabajadores dedicados a actividades que impliquen o pudieran implicar exposición ocupacional, de que se prevean recursos humanos idóneos y suficientes más una capacitación adecuada en materia de protección y seguridad, así como las actividades periódicas de readiestramiento y puesta al día que sean menester para asegurar el nivel de competencia necesario” (referencia [2], párrafo I.4 h)). En la gestión de desechos radiactivos se deberían tener debidamente en cuenta los requisitos en materia de cualificación y capacitación del personal enunciados en la sección 3 de la referencia [1]. En la Guía de seguridad *Safety Guide on Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources* [25] figuran recomendaciones y orientaciones sobre capacitación.

5.2. La entidad explotadora es responsable de la contratación y capacitación de todo el personal, así como de la definición de los niveles de competencia necesarios para desempeñar las distintas funciones. El órgano regulador debería suministrar orientación sobre los requisitos de cualificación del personal de la central y, si procede, tendría que examinar y aprobar las propuestas que formule la entidad explotadora [25]. Se debería impartir capacitación al personal de la central a fin de garantizar que alcance y mantenga el nivel de competencia necesario para desempeñar sus funciones y asumir su nivel de responsabilidad. Gracias a la capacitación también se tendrían que adquirir conocimientos prácticos que contribuyeran a potenciar la eficiencia del personal y su capacidad de responder con eficacia a circunstancias cambiantes reduciendo de ese modo su exposición a la radiación.

5.3. Sería conveniente que la entidad explotadora adoptara disposiciones para que todo el personal de la central recibiera capacitación adecuada y pudiera confirmarse que su grado de conocimiento de las medidas de protección radiológica es el necesario para desempeñar las funciones y responsabilidades que se prevea encomendarle.

5.4. La capacitación de los trabajadores debería abarcar todos los temas relacionados con el trabajo con radiaciones y sus riesgos potenciales. Los trabajadores que deban trabajar en zonas con niveles de radiación altos tendrían que recibir capacitación en sus tareas específicas para que puedan efectuarlas en el menor tiempo posible, con arreglo al principio de optimización. Esto podría incluir, por ejemplo, la capacitación con maquetas, el ensayo de las tareas previstas y la ejercitación con acciones de emergencia.

5.5. Las actividades de capacitación tendrían que abarcar los siguientes temas, con el grado de detalle correspondiente a las distintas tareas y responsabilidades asignadas a cada trabajador o supervisor:

- a) los principales tipos de radiación ionizante y sus efectos;
- b) las cantidades y unidades básicas relacionadas con la protección radiológica;
- c) los procedimientos básicos en materia de protección y seguridad tecnológica, incluidos los efectos del tiempo, la distancia y el blindaje en la reducción de la exposición;
- d) los principios de la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos (en lo que se refiere a la optimización de la protección y la seguridad, la limitación de las dosis y la minimización de los desechos);
- e) el uso de equipo de protección, como elementos de blindaje y ropa protectora;
- f) el uso de detectores y monitores de la contaminación, y la monitorización externa e interna, incluida la evaluación de dosis;
- g) los riesgos potenciales que conlleva el funcionamiento de las centrales nucleares;
- h) las reglas y los procedimientos vigentes en la central, sobre todo los aspectos relacionados con tareas específicas;
- i) las señales de advertencia y de alarma y la información sobre las acciones que deban emprenderse;
- j) el control de la contaminación, la descontaminación y la reducción de las fuentes de radiación;

- k) la responsabilidad de informar de inmediato a las personas designadas ante cualquier suceso imprevisto que entrañe riesgos relacionados con la radiación;
- l) cuando proceda, las acciones que deberían emprenderse en caso de emergencia nuclear o radiológica o de accidente en el transporte de materiales radiactivos;
- m) la reglamentación en materia de transporte seguro de materiales radiactivos dentro y fuera del emplazamiento;
- n) la seguridad con respecto a la criticidad del combustible nuclear;
- o) el comportamiento en las zonas controladas.

5.6. Se debería impartir capacitación para garantizar la transferencia adecuada de los conocimientos prácticos y teóricos necesarios. A tal efecto podrían emplearse diversos medios, como manuales y otros textos, conferencias y debates, demostraciones, instrucciones, ejercicios, capacitación con maquetas, capacitación en el trabajo y ensayos de las tareas previstas.

5.7. Sería preciso impartir periódicamente capacitación en procedimientos de emergencia para garantizar que todas las personas que podrían tener que intervenir en una emergencia conozcan las acciones que, llegado el caso, deberían emprender. Todo el personal del emplazamiento tendría que participar periódicamente en ejercicios de simulación de diversos tipos de emergencias radiológicas. Sería conveniente que también participara en esos ejercicios personal ajeno al emplazamiento (como bomberos, personal médico y funcionarios de policía) que tal vez deba intervenir en la central en caso de que se produzca una emergencia.

5.8. Las personas cuyas tareas guarden una relación ocasional con el uso de la radiación y que, posiblemente, solo deban permanecer por breves períodos en zonas de probable exposición tendrían que recibir la información básica pertinente. Esa información tendría que abarcar, por ejemplo, los siguientes temas: las principales reglas locales aplicables; las acciones de respuesta ante alarmas radiológicas; y los procedimientos básicos en materia de protección y seguridad tecnológica, incluidos los efectos del tiempo, la distancia y el blindaje en la reducción de la exposición. También convendría incluir los riesgos asociados con los niveles de exposición de las personas, los peligros potenciales a que puedan estar sujetas y las instrucciones aplicables en relación con las actividades prohibidas.

5.9. La entidad explotadora debería garantizar que el personal de otras entidades que pueda estar empleado en el emplazamiento, sobre todo el personal de

contratistas, haya recibido capacitación adecuada que lo habilite para realizar sus tareas cumpliendo las normas de seguridad y calidad aplicables. Tendrían que adoptarse disposiciones especiales para que el personal temporal que normalmente trabaja en otros sitios se familiarice con las reglas de seguridad a que estén sujetas las tareas que deban realizar en la central. En determinados casos, en lugar de impartir capacitación al personal temporal, se puede designar a una persona cualificada para que lo acompañe en todo momento.

5.10. Convendría volver a impartir capacitación con la frecuencia necesaria, sobre todo después de modificar las tareas o de introducir cambios significativos en el equipo, los procedimientos o las políticas de la central, para garantizar que se mantenga el nivel de competencia necesario y se comprendan las consecuencias de esos cambios en la protección radiológica y la gestión de desechos radiactivos. A tal efecto se deberían llevar registros donde conste la fecha y el tipo de capacitación impartida a cada persona. Los programas de capacitación tendrían que actualizarse periódicamente. Al actualizar los procedimientos de capacitación la entidad explotadora debería tener en cuenta las nuevas recomendaciones y la información resultante de las inspecciones realizadas por el órgano regulador, así como la retroinformación operacional sobre sucesos registrados en la central de que se trate o bien en otras centrales pertinentes, además de la información que aporten los trabajadores acerca de sus necesidades de capacitación.

5.11. Las trabajadoras que realicen tareas en zonas controladas deberían recibir información adecuada tanto sobre los riesgos radiológicos para el feto o el embrión como sobre la importancia de la notificación en caso de embarazo.

## **6. REGISTROS**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

6.1. La entidad explotadora tiene la responsabilidad de cumplir los requisitos en materia de registros e informes enunciados en la sección 9 de la referencia [1]. Esa responsabilidad abarca la recogida, el almacenamiento y la recuperación de registros relativos a cuestiones importantes para la seguridad y la conservación de esos registros a fin de mantener información actualizada e información histórica sobre aspectos importantes del PPR y el PGDR. Esta información se debería

conservar debido a la utilidad que reviste tanto para el cumplimiento de los objetivos de esos programas como para la preparación de informes de la entidad explotadora al órgano regulador.

6.2. Los registros se tendrían que preparar y almacenar de una manera que permita recuperarlos con rapidez y asegure su comprensibilidad en una etapa posterior. Se deberían clasificar en tres categorías según deban conservarse a largo plazo (como los registros de las dosis al personal), a plazo medio (como los registros de los envíos de desechos radiactivos) o a corto plazo (como los registros de los resultados de los reconocimientos efectuados en zonas controladas). Si bien el órgano regulador tendría que determinar los períodos mínimos para la conservación de esos registros, la entidad explotadora debería fijar los períodos de almacenamiento superiores a esos períodos mínimos obligatorios.

6.3. Los registros relativos a cuestiones importantes para la seguridad se deberían almacenar al menos en dos lugares separados para evitar la pérdida irreparable de esa información importante en caso de incendio u otros tipos de incidentes.

#### EVALUACIÓN DE DOSIS, VIGILANCIA MÉDICA Y CAPACITACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

6.4. “Los registros de exposición de cada trabajador se deberán conservar durante la vida laboral del mismo y posteriormente, como mínimo hasta que el trabajador alcance o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y durante 30 años, por lo menos, después de terminado el trabajo que implicaba la exposición ocupacional” (referencia [2], párrafo I.49). Esos registros tendrían que abarcar datos relativos a todas las personas, ya pertenezcan al personal de la central o sean empleados de contratistas. En los registros también tendrían que constar y almacenarse datos relativos a los resultados de los análisis de excretas y a posibles sobreexposiciones. Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán facilitar a los trabajadores el acceso a la información contenida en los registros de exposición de estos últimos (referencia [2, párrafo I.47). En las referencias [6, 18 y 19] se formulan recomendaciones y orientaciones en materia de registros.

6.5. El almacenamiento de los registros de vigilancia de la salud tendría que ajustarse a la reglamentación nacional o a las recomendaciones del órgano

regulador. Normalmente, el período de almacenamiento de esos registros debería ser similar al establecido para los registros de dosis.

6.6. La información relativa al contenido y las fechas de la capacitación en protección radiológica impartida a una persona se debería registrar, almacenar y, si procede, actualizar.

## RECONOCIMIENTOS RADIOLÓGICOS, CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS Y PERMISOS DE TRABAJO CON RADIACIONES

6.7. Sería preciso registrar y almacenar los resultados de los reconocimientos radiológicos y los estudios de la contaminación en la zona controlada. En las referencias [6, 18 y 19] se formulan recomendaciones y orientaciones a este respecto.

6.8. Todos los monitores de radiación instalados, los detectores de radiación manuales y el equipo de dosimetría se deberían probar y calibrar en el marco de un programa autorizado. Los resultados de las pruebas tendrían que registrarse para que posteriormente se puedan recuperar los datos relativos a la historia de las pruebas y reparaciones de cada instrumento. Se deben mantener registros de las pruebas y las calibraciones (referencia [2], párrafo 2.40).

6.9. Todos los permisos de trabajo con radiaciones se tendrían que archivar y almacenar.

## GESTIÓN DE DESECHOS Y FUENTES RADIATIVAS

6.10. El órgano regulador debe adoptar las medidas pertinente para velar por que durante un período apropiado se conserven y se puedan recuperar registros adecuados relativos a la seguridad de las instalaciones o los emplazamientos para la gestión de desechos radiactivos (referencia [12], párrafo 3.3 8)). Convendría conservar planos conforme a obra de todas las instalaciones relacionadas con la gestión de esos desechos. Sería preciso conservar registros donde consten todos los detalles pertinentes acerca de los desechos radiactivos, los bultos de desechos y el contenido de los almacenes de desechos. Durante el almacenamiento debería ser posible utilizar en todo momento los registros para determinar el tipo, la actividad y las características de los desechos almacenados en cada sitio. Convendría emplear programas informáticos para efectuar una actualización permanente del inventario de radionucleidos, teniendo en cuenta la desintegración radiactiva.

6.11. Todos los envíos de materiales radiactivos, así como las expediciones de desechos radiactivos tratados o no tratados para su procesamiento o disposición final, se deberían documentar y registrar indicando su tipo y cantidad, su tipo de embalaje y su destino. También convendría mantener registros de las fuentes radiactivas almacenadas y utilizadas en la central. Estos registros se deberían conservar incluso después de la disposición final de los desechos o de las fuentes.

6.12. Convendría conservar los informes relativos a investigaciones sobre condiciones anormales o deficiencias – por ejemplo, emisiones no previstas o derrames – en el programa de gestión de desechos radiactivos. Para facilitar la clausura de la central, se deberían conservar, en particular, registros de los niveles de contaminación en sus estructuras y componentes.

## DESCARGAS Y MONITORIZACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

6.13. Se tendrían que establecer y almacenar registros que contengan información detallada sobre todas las descargas gaseosas y líquidas, incluidas las que pudieran no haber sido monitorizadas. Estos datos, junto con los registros meteorológicos, los modelos de transporte, los estudios sobre los hábitos y los datos metabólicos, servirán de base para calcular las dosis a los grupos críticos.

6.14. Todos los resultados de los análisis de muestras ambientales se deberían registrar y almacenar.

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Seguridad de las centrales nucleares: Explotación, Colección de Normas de Seguridad N° NS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Colección Seguridad N° 120, OIEA, Viena (1996).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad N° WS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (2004).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2007).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Colección de Normas de Seguridad, N° WS-G-2.1, OIEA, Viena, (1999).
- [9] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, ALARA: From Theory Towards Practice, Rep. EUR-13796, CCE, Luxemburgo (1991).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional, Colección Informes de Seguridad N° 21, OIEA, Viena (2004).
- [11] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, Work Management in the Nuclear Power Industry: A Manual Prepared for the NEA Committee on Radiation Protection and Public Health by the ISOE Expert Group on the Impact of Work Management on Occupational Exposure, OCDE, París (1997).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).

- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Colección Seguridad N° 50-C/SG-Q, OIEA, Viena (1996).
- [14] 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, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad No. GS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Criterios de intervención en caso de emergencia nuclear o radiológica, Colección Seguridad N° 109, OIEA, Viena (1996).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Método para el desarrollo de la preparación de la respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, IAEA-TECDOC-953/S, OIEA, Viena (2000).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, IAEA-TECDOC-1162, OIEA, Viena (2000).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.3, OIEA, Viena (2004).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.2, OIEA, Viena (2004).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation: Guidance for Occupational Physicians, Colección Informes de Seguridad N° 5, OIEA, Viena (1998).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Seguridad de las centrales nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad N° NS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad N° 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 1996 (Revisada), Colección Normas de Seguridad N° TS-R-1 (ST-1, revisada), OIEA, Viena (2002).
- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Seguridad de las instalaciones nucleares, Colección Seguridad N° 110, OIEA, Viena (1993).

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

- [25] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.4, OIEA, Viena (2001).

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

## Anexo I

### CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN ÁREAS CONTROLADAS DE CENTRALES NUCLEARES

I-1. A continuación se indica una posible clasificación de zonas en áreas controladas:

- a) Zona de radiación 1: normalmente, el acceso está prohibido debido a los altos niveles de radiación o contaminación, si bien puede autorizarse en determinadas circunstancias (como la parada del reactor) definidas en los procedimientos operacionales.
- b) Zona de radiación 2: el cumplimiento del límite de dosis aplicable solo puede conseguirse restringiendo el tiempo de trabajo.
- c) Zona de radiación 3: todas las otras zonas del área controlada.
- d) Zona de contaminación: se requieren medidas protectoras especiales debido a la existencia o posible existencia de contaminación aérea o contaminación superficial suelta por encima de un nivel establecido. Se puede estudiar la posibilidad de establecer subdivisiones sobre la base de los niveles de precaución necesarios en diferentes partes de esta zona.

## Anexo II

### **MEDIDAS PARA REDUCIR LAS DESCARGAS DE DESECHOS RADIATIVOS GASEOSOS Y LÍQUIDOS PROCEDENTES DE CENTRALES NUCLEARES**

II-1. Existen tres métodos generales para reducir las cantidades de sustancias radiactivas emitidas al medio ambiente desde centrales nucleares:

- mantener la fuente en el mínimo de actividad posible;
- retener los líquidos y/o gases hasta la desintegración de las sustancias radiactivas;
- separar los materiales radiactivos del líquido y/o gas para esperar a que se desintegren o bien transformarlos en desechos sólidos.

#### MINIMIZAR LA ACTIVIDAD DE LA FUENTE

II-2. Para minimizar la actividad de la fuente:

- Aplicar buenas prácticas que impidan la fuga de elementos del combustible y de los sistemas primarios.
- Planificar y/o optimizar toda la manipulación de líquidos en la central (incluida el agua de la piscina y el flujo de limpieza de las tuberías) para reducir las cantidades de desechos líquidos recogidos.
- Segregar los líquidos para evitar la dilución y mezcla de sustancias químicamente incompatibles.
- Reducir las cantidades de productos químicos, reciclar las sustancias químicas siempre que sea posible o utilizar productos químicos de fácil descomposición.
- Reducir al mínimo posible la cantidad de gas activo introducida en los sistemas (por ejemplo, utilizando vapor nuevo inactivo en lugar de vapor activo primario en el sistema de juntas de estanqueidad de la turbina de un reactor de agua en ebullición).

## DESECHOS LÍQUIDOS

### II-3. Para reducir los desechos líquidos:

- Utilizar diferentes clases de filtros a fin de separar de los líquidos las sustancias radiactivas sin disolver.
- Utilizar resinas intercambiadoras de iones más o menos específicas para estos fines, y aplicar métodos estándar para separar de los líquidos las sustancias radiactivas disueltas.
- Utilizar evaporadores para separar del líquido tanto las sustancias sin disolver como las disueltas.
- Utilizar depósitos de retención para permitir la desintegración de los materiales radiactivos antes de emitirlos.

## DESECHOS GASEOSOS

### II-4. Para reducir los desechos gaseosos:

- Utilizar filtros a fin de separar los aerosoles o el yodo de las descargas gaseosas.
- Utilizar sistemas retardadores (lechos de carbón, depósitos) para permitir la desintegración de los materiales radiactivos presentes en los gases.
- Utilizar tratamientos para reducir el volumen (por ejemplo, mediante el uso de recombinadores, de absorbedores o de métodos de almacenamiento presurizado) que también puedan funcionar como sistemas retardadores.

### Anexo III

## CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS DISTINTAS CLASES DE DESECHOS

*Tomado de Classification of Radioactive Waste,  
Colección de Seguridad del OIEA N° III-G-1.1, OIEA, Viena (1994)*

Clases de desechos	Características típicas	Opciones de disposición final
1. Desechos exentos	Niveles de actividad iguales o inferiores a los niveles de dispensa; dosis anual a los miembros de la población inferior a 0,01 mSv	Sin restricciones radiológicas
2. Desechos de actividad baja e intermedia (LILW)	Niveles de actividad superiores a los niveles de dispensa y potencia térmica aproximada de 2 kW/m <sup>3</sup>	
2.1. Desechos de período corto (LILW-SL)	Concentraciones de radionucleidos restringidos de período largo (limitación de radionucleidos emisores alfa de período largo a 4000 Bq/g en bultos de desechos individuales y a una media de 400 Bq/g por bulto de desechos)	Instalación de disposición final cerca de la superficie o geológica
2.2. Desechos de período largo (LILW-PL)	Concentraciones de radionucleidos de período largo superiores a las limitaciones para los desechos de período corto	Instalación de disposición final geológica
3. Desechos de actividad alta (HLW)	Potencia térmica aproximada superior a 2 kW/m <sup>3</sup> y concentraciones de radionucleidos de período largo superiores a las limitaciones para los desechos de período corto	Instalación de disposición final geológica

## GLOSARIO

**acondicionamiento de desechos.** Actividades encaminadas a producir un bulto de desechos adecuado para su manipulación, transporte, almacenamiento y/o disposición final. El acondicionamiento puede comprender la conversión de los desechos en un cuerpo de desecho sólido, su introducción en contenedores y, de ser necesario, su protección con un sobreembalaje.

**almacenamiento.** Colocación de combustible gastado o de desechos radiactivos en una instalación dispuesta para su contención, con intención de recuperarlos.

**bulto de desechos.** Producto del acondicionamiento que comprende el cuerpo de desecho y cualesquiera contenedores y barreras internas (por ejemplo, materiales absorbentes y recubrimientos), preparados conforme a los requisitos establecidos para la manipulación, el transporte, el almacenamiento y/o la disposición final.

**caracterización de desechos.** Determinación de las propiedades físicas, químicas y radiológicas de los desechos para determinar la necesidad de ajustes, tratamiento, acondicionamiento adicionales, o su adecuación para la manipulación, el procesamiento o el almacenamiento posteriores, o para la disposición final.

**combustible gastado.** Combustible nuclear que se descarga de un reactor tras su irradiación y que no se puede volver a usar en la forma en que se encuentra debido a su empobrecimiento en material fisible, a la acumulación de veneno o a su detrimento por la radiación.

**contenedor de desechos.** Vasija en la que se coloca el cuerpo del desecho para su manipulación, transporte, almacenamiento o disposición final futura; se aplica también a la barrera exterior que protege los desechos contra intrusiones externas.

**descarga autorizada.** Descarga realizada de conformidad con una autorización.

**desechos radiactivos.** A efectos legales y reglamentarios, desechos que contienen radionucleidos, o están contaminados por ellos, cuya concentración o actividad es superior a los niveles de dispensa establecidos por el órgano regulador.

**dispensa.** Eliminación por el organismo regulador de todo control reglamentario ulterior respecto de materiales radiactivos o de objetos radiactivos utilizados en prácticas autorizadas.

**disposición final.** Colocación de desechos en una instalación apropiada sin intención de recuperarlos.

**dosis colectiva.** Dosis de radiación total recibida por una población.

**embalaje de desechos.** Preparación de los desechos radiactivos para su manipulación, transporte, almacenamiento y disposición final en condiciones de seguridad, colocándolos dentro de un contenedor adecuado.

**exposición del público.** Exposición sufrida por miembros de la población a causa de fuentes de radiación, excluidas cualquier exposición ocupacional o médica y la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluida la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención.

**exposición ocupacional.** Toda exposición sufrida por los trabajadores en el curso de su trabajo, con la excepción de las exposiciones excluidas y las exposiciones debidas a prácticas o fuentes exentas.

**exposición potencial.** Exposición que no se prevé que se produzca con seguridad, pero que puede ser resultado de un accidente ocurrido en una fuente o deberse a un suceso o serie de sucesos de carácter probabilista, por ejemplo a fallos de equipo y errores de operación.

**funcionamiento normal.** Funcionamiento dentro de los límites y condiciones operacionales especificados.

**gestión de desechos radiactivos.** Conjunto de actividades administrativas y operacionales relacionadas con la manipulación, el tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento, transporte, almacenamiento y disposición final de los desechos radiactivos.

**grupo crítico.** Grupo de miembros de la población que es razonablemente homogéneo en cuanto a su exposición a una fuente de radiación dada y a una vía de exposición determinada y que representa una muestra típica de personas que reciben la máxima dosis efectiva o dosis equivalente (según sea el caso) por una determinada vía de exposición a una fuente dada.

**inmovilización de desechos.** Conversión de los desechos en un cuerpo de desecho por solidificación, fijación en una matriz sólida o encapsulado.

**monitorización.** Medición de la dosis o la contaminación por razones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a la radiación o a sustancias radiactivas, e interpretación de los resultados.

**nivel de investigación.** Valor de una magnitud tal como la dosis efectiva, la incorporación o la contaminación por unidad de área o de volumen, al alcanzarse o rebasarse el cual debería realizarse una investigación.

**nivel de referencia.** Nivel de actuación, nivel de intervención, nivel de investigación o nivel de registro.

**oficial de protección radiológica.** Persona técnicamente competente en cuestiones de protección radiológica de interés para un tipo de práctica dado, que es designada por un titular registrado o titular de una licencia para supervisar la aplicación de los requisitos pertinentes establecidos en las Normas básicas seguridad.

**optimización.** Proceso por el cual se determina el nivel de protección y seguridad tecnológica que hace que las exposiciones, así como la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, se mantengan en “el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse” (ALARA), teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, tal como se estipula en el sistema de protección radiológica de la CIPR.

**órgano regulador.** Autoridad o conjunto de autoridades a las que el gobierno de un Estado confiere facultades legales para llevar a cabo el proceso de reglamentación, incluida la concesión de autorizaciones y, de este modo, reglamentar la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte.

**personal del emplazamiento.** Todas las personas que trabajan en la zona del emplazamiento de una instalación autorizada, de forma permanente o temporal.

**práctica.** Toda actividad humana que introduce fuentes de exposición o vías de exposición adicionales o extiende la exposición a más personas o modifica el conjunto de vías de exposición debidas a las fuentes existentes, de forma

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

que aumente la exposición o la probabilidad de exposición de personas o el número de las personas expuestas.

**procesamiento de desechos.** Cualquier operación que modifique las características de los desechos, incluidos el tratamiento previo, el tratamiento y el acondicionamiento.

**segregación de desechos.** Actividad en la que los desechos o materiales (radiactivos o exentos) son separados o se mantienen separados de acuerdo con sus propiedades radiológicas, químicas y/o físicas, a fin de facilitar la manipulación y/o el procesamiento de los desechos.

**trabajador.** Toda persona que trabaja, ya sea en jornada completa, jornada parcial o temporalmente, por cuenta de un empleador y que tiene derechos y deberes reconocidos en lo que atañe a la protección radiológica ocupacional. (Se considera que una persona empleada por cuenta propia tiene a la vez los deberes de un empleador y un trabajador.)

**zona de contaminación.** Zona en la que son necesarias medidas de protección especiales debido a una contaminación del aire real o potencial, o a la presencia de contaminación superficial suelta por encima de un nivel especificado.

## COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Ansar, M.	Organización de Energía Atómica del Irán (República Islámica del Irán)
Chen, D.	Central nuclear de la Bahía de Daya (China)
Gustafsson, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Jameel, M.	Ministro Técnico, Embajada del Pakistán en Viena
Kraus, W.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Krishnamurthi, T.N.	Junta Reguladora de la Energía Atómica (India)
Löwendahl, B.	OKG Aktiebolag (Suecia)
Robinson, I.	Inspección de Instalaciones Nucleares de su Majestad (Reino Unido)
Salzer, P.	Autoridad Reguladora Nuclear (Eslovaquia)
Solís Sanz, S.	Consejo de Seguridad Nuclear (España)
Todorov, N.	Comité sobre el Uso de la Energía Atómica con Fines Pacíficos (Bulgaria)
Wahlström, B.	Posiva Oy (Finlandia)
Warnecke, E.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Won-Jae Park	Instituto de Seguridad Nuclear de Corea (República de Corea)
Zhang, Y.	Instituto de Protección Radiológica (China)

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

---

---

---

---

---

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA  
ISBN 978-92-0-312610-6  
ISSN 1020-5837

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

### Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

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

### Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

*Alemania:* Landfermann, H.-H.; *Argentina:* D'Amato, E.; *Australia:* Mason, C.G. (Presidencia); *Brasil:* Correa da Silva Amaral, E.; *Canadá:* Measures, M.P.; *China:* Ma, J.; *Cuba:* Jova, L.; *España:* Butragueño, J.L.; *Estados Unidos de América:* Cool, D.A.; *Federación de Rusia:* Kutkov, V.A.; *Francia:* Piechowski, J.; *India:* Sharma, D.N.; *Irlanda:* Cunningham, J.D.; *Japón:* Okamoto, K.; *Reino Unido:* Robinson, I.F.; *República de Corea:* Choi, H.-S.; *Sudáfrica:* Olivier, J.H.I.; *Suecia:* Godås, T.; *Suiza:* Pfeiffer, H.-J.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Lazo, T.; *Comisión Europea:* Kaiser, S.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *Oficina Internacional del Trabajo:* Nui, S.; *OIEA:* Bilbao, A. (Coordinación); *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación:* Boutrif, E.; *Organización Internacional de Normalización:* Piechowski, J.; *Organización Mundial de la Salud:* Souchkevitch, G.; *Organización Panamericana de la Salud:* Borrás, C.

### Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

*Alemania:* Collin, W.; *Argentina:* López Vietri, J.; *Australia:* Mountford-Smith, T.; *Bélgica:* Cottens, E.; *Brasil:* Bruno, N.; *Canadá:* Aly, A.M.; *Chile:* Basaez, H.; *China:* Pu, Y.; *Egypt:* El-Shinawy, M.R.K.; *España:* Zamora Martin, F.; *Estados Unidos de América:* Roberts, A.I.; *Federación de Rusia:* Ershov, V.N.;

*Francia:* Pertuis, V.; *Hungría:* Sáfár, J.; *India:* Nandakumar, A.N.; *Israel:* Tshuva, A.; *Italia:* Trivelloni, S.; *Japón:* Tamura, Y.; *Países Bajos:* van Halem, H.; *Polonia:* Pawlak, A.; *Reino Unido:* Young, C.N. (Presidencia); *Sudáfrica:* Jutle, K.; *Suecia:* Pettersson, B.G.; *Suiza:* Knecht, B.; *Turquía:* Köksal, M.E.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional:* McCulloch, N.; *Comisión Europea:* Rossi, L.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear:* Bjurström, S.; *OIEA:* Pope, R.; *Organización de Aviación Civil Internacional:* Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización:* Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional:* Min, K.R.

### **Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos**

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

### **Comisión sobre Normas de Seguridad**

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



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 22

## Lugares donde se pueden encargar publicaciones del OIEA

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

### ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Am Hofgarten 10, D-53113 Bonn  
Teléfono: + 49 228 94 90 20 • Fax: +49 228 94 90 20 ó +49 228 94 90 222  
Correo-e: [bestellung@uno-verlag.de](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: [customer-care@bernan.com](mailto:customer-care@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: [customer-care@bernan.com](mailto:customer-care@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: [akatilauks@akateeminen.com](mailto:akatilauks@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>

## Esta publicación ha sido sustituida por SSG-40 y GSG-7.

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

### NACIONES UNIDAS

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

### NUEVA ZELANDIA

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

### PAÍSES BAJOS

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

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

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

### REINO UNIDO

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

Pedidos en línea

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

Libros relacionados con el medio ambiente

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

### REPÚBLICA CHECA

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

### REPÚBLICA DE COREA

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

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

### Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

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