

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Clasificación de las fuentes radiactivas

Guía de seguridad

No. RS-G-1.9



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES RADIATIVAS

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

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

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

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° RS-G-1.9

CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES RADIATIVAS

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2009

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 Promoción y Venta de Publicaciones
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
correo-e: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2009

Impreso por el OIEA en Austria
Junio de 2009

CLASIFICACIÓN DE
LAS FUENTES RADIATIVAS
OIEA, VIENA, 2009
STI/PUB/1227
ISBN 978-92-0-301409-0
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Mohamed ElBaradei
Director General

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

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

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

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

El OIEA asigna gran importancia al permanente problema que significa para los usuarios y los reguladores en general garantizar un elevado nivel de seguridad en la utilización de los materiales nucleares y las fuentes de radiación

en todo el mundo. Su continua utilización en beneficio de la humanidad debe gestionarse de manera segura, objetivo a cuyo logro contribuyen las normas de seguridad del OIEA.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

NORMAS INTERNACIONALES Y SEGURIDAD

Si bien la seguridad es una responsabilidad nacional, las normas y enfoques internacionales relativos a la seguridad fomentan la coherencia, contribuyen a dar garantías de que las tecnologías nucleares y relacionadas con las radiaciones se utilizan en condiciones de seguridad, y facilitan la cooperación técnica y el comercio internacionales.

Las normas también ayudan a los Estados a cumplir sus obligaciones internacionales. Una obligación internacional general es que un Estado no debe llevar a cabo actividades que ocasionen daños a otro Estado. En los convenios internacionales relativos a la seguridad se exponen obligaciones más específicas para los Estados Contratantes. Las normas de seguridad del OIEA, acordadas internacionalmente, constituyen la base para que los Estados demuestren que cumplen esas obligaciones.

LAS NORMAS DEL OIEA

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto del OIEA, que autoriza al Organismo a establecer normas de seguridad para instalaciones y actividades nucleares y relacionadas con las radiaciones y proveer a su aplicación.

Las normas de seguridad reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto nivel de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente.

Las normas se publican en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, que comprende tres categorías:

Nociones fundamentales de seguridad

- Presentan los objetivos, conceptos y principios de protección y seguridad y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

Requisitos de seguridad

- Establecen los requisitos que deben cumplirse para garantizar la protección de la población y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Estos requisitos, en cuya formulación se emplea generalmente la forma deberá(n) o expresiones como “habrá que”, “hay que”, “habrá de”, “se deberá” (en inglés “shall”), se rigen por los objetivos, conceptos y principios de las Nociones fundamentales de seguridad. Si no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. Las publicaciones de Requisitos de seguridad están redactadas en forma de textos reglamentarios, lo cual permite su incorporación en leyes y reglamentos nacionales.

Guías de seguridad

- Ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las Guías de seguridad se emplea generalmente la forma debería(n) o expresiones como “conviene”, “se recomienda”, “es aconsejable” (en inglés “should”). Se recomienda adoptar las medidas señaladas u otras medidas equivalentes. Las Guías de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas internacionales y dan cuenta cada vez

más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que se esfuerzan por alcanzar altos niveles de seguridad. Cada publicación de Requisitos de seguridad está complementada por varias Guías de seguridad, que se pueden utilizar en la elaboración de guías nacionales de reglamentación.

Las normas de seguridad del OIEA deben ser complementadas con normas industriales, y deben aplicarse en el marco de infraestructuras nacionales de reglamentación adecuadas para que sean plenamente eficaces. El OIEA produce una amplia gama de publicaciones técnicas que ayudan a los Estados a elaborar esas normas e infraestructuras nacionales.

PRINCIPALES USUARIOS DE LAS NORMAS

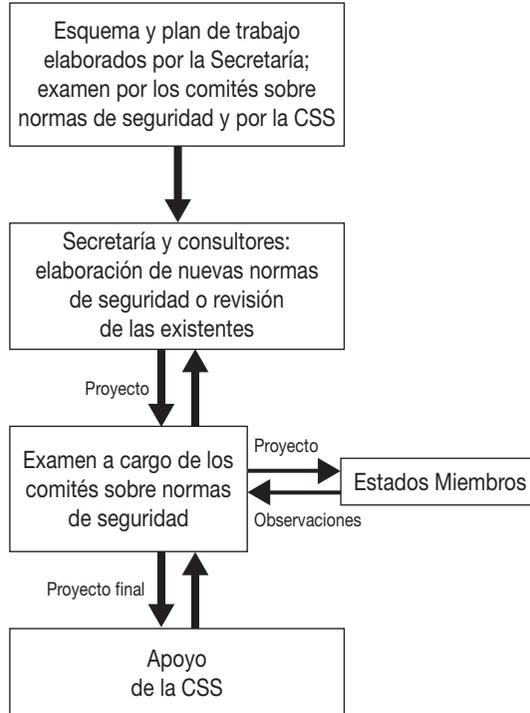
Además de los órganos reguladores y departamentos, autoridades y organismos gubernamentales, las normas son utilizadas por las autoridades y organizaciones explotadoras de la industria nuclear; por organizaciones que se ocupan del diseño, la fabricación y la aplicación de las tecnologías nucleares y relacionadas con las radiaciones, incluidas las organizaciones encargadas del funcionamiento de diversos tipos de instalaciones; por usuarios y otras personas relacionadas con el empleo de las radiaciones y materiales radiactivos en la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación; y por ingenieros, científicos, técnicos y otros especialistas. Las normas son utilizadas por el propio OIEA en sus exámenes de la seguridad y en la elaboración de cursos de enseñanza y capacitación.

EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS

En la elaboración y examen de las normas de seguridad participan la Secretaría del OIEA y cuatro comités de normas de seguridad que se ocupan de la seguridad nuclear (NUSSC), la seguridad radiológica (RASSC), la seguridad de los desechos radiactivos (WASSC) y el transporte seguro de materiales radiactivos (TRANSSC), así como una Comisión sobre normas de seguridad (CSS) que supervisa el programa de normas de seguridad en su conjunto. Todos los Estados Miembros del OIEA pueden designar expertos para que participen en los comités de normas y formulen observaciones sobre los proyectos de norma. Los miembros de la CSS son designados por el Director General y figuran entre ellos altos funcionarios gubernamentales encargados del establecimiento de normas nacionales.

En el caso de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad, los proyectos aprobados por la Comisión se presentan a la Junta de Gobernadores del OIEA para que apruebe su publicación. Las Guías de seguridad se publican con la aprobación del Director General.

Por medio de este proceso, las normas llegan a representar una opinión consensuada de los Estados Miembros del OIEA. En la elaboración de las normas se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y las recomendaciones de órganos internacionales de expertos, en particular la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). Algunas normas se elaboran en cooperación con otros órganos del sistema de las Naciones Unidas u otros organismos especializados, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía



Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.

Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

Las normas de seguridad se mantienen actualizadas: cinco años tras su publicación se examinan para determinar si es necesario hacer una revisión.

APLICACIÓN Y ALCANCE DE LAS NORMAS

De conformidad con el Estatuto del OIEA, las normas de seguridad tienen carácter vinculante para el OIEA en relación con sus propias actividades, así como para los Estados en relación con las actividades para las que el OIEA les preste asistencia. Todo Estado que desee concertar un acuerdo con el OIEA relativo a cualquier forma de asistencia del Organismo debe cumplir los requisitos de las normas de seguridad correspondientes a las actividades que abarque el acuerdo.

Los convenios internacionales también contienen requisitos similares a los que figuran en las normas de seguridad, y tienen carácter preceptivo para las Partes Contratantes. Las Nociones fundamentales de seguridad se utilizaron como base para la elaboración de la Convención sobre Seguridad Nuclear y la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Los Requisitos de seguridad sobre preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica son reflejo de las obligaciones de los

Estados emanadas de la Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica.

Las normas de seguridad, incorporadas a las legislaciones y reglamentos nacionales y complementadas por convenios internacionales y requisitos nacionales detallados, constituyen la base para la protección de la población y el medio ambiente. No obstante, también existen aspectos especiales de la seguridad que deberán evaluarse caso por caso a escala nacional. Por ejemplo, muchas de las normas de seguridad, en particular las que tratan aspectos de planificación o diseño de la seguridad, se conciben con el fin de aplicarlas principalmente a nuevas instalaciones y actividades. Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos y recomendaciones especificados en las normas de seguridad del OIEA. Corresponde a cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad a esas instalaciones.

INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

En las normas de seguridad se usa la expresión “deberá(n)” (en inglés “shall”) con referencia a requisitos, deberes y obligaciones determinados por consenso. Muchos de los requisitos no están dirigidos a una de las partes en particular, lo que significa que incumbiría cumplirlos a la parte, o las partes, que corresponda. En la formulación de las recomendaciones se emplea la forma debería(n) o expresiones como “conviene”, “se recomienda”, “es aconsejable” (en inglés “should”), para indicar un consenso internacional en el sentido de que es necesario tomar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes) para cumplir con los requisitos.

En la versión del texto en inglés, los términos relacionados con la seguridad se interpretarán como figuran en el Glosario sobre seguridad del OIEA (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>); de otro modo, las palabras se utilizan con la ortografía y el significado que se les da en la versión más reciente del Concise Oxford Dictionary. En el caso de las Guías de seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

En la Introducción que figura en la Sección 1 de cada publicación se hace una explicación de los antecedentes, el contexto, los objetivos, el ámbito y la estructura de cada una de las normas que forman parte de la Colección de Normas de Seguridad.

Toda información para la cual no exista un lugar adecuado dentro del texto principal (por ejemplo, información de carácter auxiliar o independiente del texto principal, se incluye a modo de apoyo a declaraciones que figuran en el texto principal, o para describir métodos de cálculo, procedimientos experimentales o límites y condiciones), y podrá presentarse en apéndices o anexos.

Los apéndices se consideran como parte integrante de una norma. La información que figura en un apéndice tiene el mismo valor que el texto principal y el OIEA asume su autoría. Los anexos y notas de pie de página correspondientes al texto principal sirven para proporcionar ejemplos prácticos o información o explicaciones adicionales. Un anexo no es parte integrante del texto principal. La información publicada por el OIEA en forma de anexos no es necesariamente de su autoría; la información que deba figurar en las normas y que corresponda a otros autores podrá presentarse en forma de anexos. Otro tipo de información en anexos podrá adaptarse y tomarse de otras fuentes, según convenga, de modo que sea de utilidad general para el lector.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.7)	1
	Objetivo (1.8–1.10).....	2
	Alcance (1.11–1.13)	3
	Estructura (1.14).....	4
2.	EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	4
	Generalidades (2.1–2.3).....	4
	Categorías recomendadas para fuentes utilizadas en prácticas comunes (2.4)	6
3.	PUESTA EN PRÁCTICA DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	6
	Utilización del sistema (3.1–3.2).....	6
	Clasificación de las fuentes (3.3–3.6)	9
	El registro nacional de fuentes radiactivas (3.7–3.8)	10
	Importación y exportación de fuentes radiactivas (3.9–3.10)	11
	APÉNDICE I: CATEGORÍAS APLICABLES A LAS FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES	13
	APÉNDICE II: DESCRIPCIONES EN LENGUAJE SENCILLO DE LAS CATEGORÍAS.....	30
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
	ANEXO I: LÓGICA Y MÉTODO DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES RADIATIVAS	39
	ANEXO II: EL VALOR <i>D</i>	45
	GLOSARIO.....	51
	COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN.....	53
	ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA	55

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. En todo el mundo se utilizan fuentes radiactivas en medicina, industria, agricultura, investigación y enseñanza; también se utilizan en algunas aplicaciones militares. Muchas consisten en fuentes selladas cuyos materiales radiactivos están firmemente confinados o agregados dentro de una cápsula o caja protectora apropiada. Los riesgos que esas fuentes representan varían enormemente, dependiendo de factores como los radionucleidos que se utilicen, la forma física y química y la actividad.

1.2. Las fuentes selladas, salvo que hayan sido rotas o que tengan fugas, sólo ofrecen un riesgo de exposición a radiaciones externas. Ahora bien, las fuentes selladas rotas o con fugas, al igual que los materiales radiactivos no sellados, pueden causar la contaminación del medio ambiente y la ingesta de materiales radiactivos en el organismo humano. Hasta el decenio de 1950, por lo general sólo había disponibles radionucleidos de origen natural, sobre todo Ra 226. Desde entonces, se ha generalizado la utilización de radionucleidos producidos artificialmente en instalaciones nucleares y aceleradores de partículas, entre ellos Co 60, Sr 90, Cs 137 e Ir 192.

1.3. Las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS) [1] constituyen una base armonizada internacionalmente para asegurar la utilización en condiciones de seguridad tecnológica y física de las fuentes de radiación ionizante, y los Requisitos de seguridad para la infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte [2] establecen los elementos esenciales de un sistema de control regulador.

1.4. Las fuentes radiactivas selladas y no selladas se utilizan para fines muy variados y contienen una amplia gama de radionucleidos y de cantidades de materiales radiactivos. Las fuentes de actividad alta, si no se manejan en condiciones de seguridad física y tecnológica, pueden causar graves efectos deterministas a las personas en períodos breves [3–16]; en cambio, no es probable que las fuentes de actividad baja causen exposiciones que tengan consecuencias dañinas.

1.5. En la presente Guía de Seguridad se clasifican, basándose en el riesgo, las fuentes y las prácticas radiactivas conforme a cinco categorías. El sistema de clasificación se funda en un método lógico y transparente dotado de la flexibilidad necesaria para poder aplicarlo en circunstancias muy diversas. A partir de esa clasificación, se podrá adoptar decisiones atendiendo al riesgo, siguiendo un enfoque gradual del control regulador de las fuentes radiactivas en aras de la seguridad tecnológica y física.

1.6. A raíz de la evaluación de las principales conclusiones de la Conferencia Internacional sobre la Seguridad de las Fuentes de Radiación y la Seguridad Física de los Materiales Radiactivos, celebrada en Dijon (Francia), del 14 al 18 de septiembre de 1998 [17], el OIEA llevó a cabo varias actividades cuyo objeto era mejorar la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas existentes en el mundo. Posteriormente, en un 'Plan de acción para la seguridad de las fuentes de radiación y la seguridad física de los materiales radiactivos', que el Consejo de Gobernadores del OIEA aprobó en septiembre de 1999, se determinó que era necesario clasificar las fuentes de radiación. El año 2000 se preparó una publicación consagrada a la clasificación, posteriormente mejorada y reemplazada por la Clasificación de las fuentes radiactivas [18], publicada en inglés en 2003.

1.7. La presente Guía de Seguridad proporciona orientaciones acerca de cómo clasificar las fuentes radiactivas y la manera en que se puede utilizar esa clasificación para satisfacer los requisitos en materia de control regulado establecidos en la publicación N° GS-R-1 [2] de la colección de Normas de Seguridad y en las NBS [1] del OIEA. El sistema clasificatorio se basa en el del documento IAEA-TECDOC-1344 [18], y se ha ideado teniendo presentes muy diversas circunstancias de utilización correcta y de mala utilización de las fuentes radiactivas. En el anexo I se explica la lógica y el método de la clasificación.

OBJETIVO

1.8. Se ha elaborado esta Guía de Seguridad con la finalidad de proporcionar un sistema lógico y sencillo para clasificar las fuentes radiactivas en función del potencial que encierran de causar daño a la salud de los seres humanos y para agrupar las fuentes y las prácticas en que se utilizan en categorías discretas. Esta clasificación puede ayudar a los órganos reguladores a establecer requisitos reguladores que garanticen un nivel de control adecuado de cada fuente autorizada.

1.9. La actividad consistente en clasificar las fuentes radiactivas tiene por finalidad proporcionar una base armonizada internacionalmente para la adopción de decisiones con conocimiento de los riesgos que entrañan. Se prevé que las autoridades nacionales¹ utilizarán el sistema para instaurar el grado adecuado de control regulador sobre muchas actividades relativas a la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas. La clasificación tiene las siguientes aplicaciones:

- Desarrollar o mejorar infraestructuras reguladoras nacionales;
- Elaborar estrategias nacionales para mejorar el control de las fuentes radiactivas;
- Optimizar las decisiones acerca de las prioridades en materia de regulación habida cuenta de las limitaciones de recursos;
- Optimizar las medidas de seguridad aplicadas a las fuentes radiactivas, comprendidas las dirigidas contra su posible mala utilización dolosa;
- Planificar las intervenciones y respuestas ante situaciones de emergencia.

1.10. La presente Guía de Seguridad también respalda la armonización internacional de las medidas de control de las fuentes de radiación y su seguridad física, en particular con vistas a la puesta en práctica del Código de Conducta sobre la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas (Código de Conducta) [19, 20]. Se utiliza el mismo sistema clasificatorio en el Código de Conducta para las fuentes de las categorías 1–3 y en esta Guía de Seguridad se dan más detalles acerca del sistema y su aplicación a fuentes de todas las categorías.

ALCANCE

1.11. En esta Guía de Seguridad se recoge un sistema clasificatorio de las fuentes radiactivas, especialmente de las que se emplean en la industria, la medicina, la agricultura, la investigación y la enseñanza. Los principios de la clasificación también se pueden aplicar, cuando así proceda en el contexto nacional, a fuentes pertenecientes a programas militares o de defensa.

¹ En la presente Guía de Seguridad la expresión ‘autoridades nacionales’ abarca todos los tipos de infraestructura reguladora, comprendidos los regimenes que tienen una sola autoridad o múltiples autoridades sólo de ámbito nacional y los regimenes federales en los que la autoridad se distribuye entre las correspondientes jurisdicciones regionales, provinciales o estatales.

1.12. La clasificación no se aplica a aparatos generadores de radiaciones como los aparatos de rayos X y los aceleradores de partículas, aunque se puede aplicar a fuentes radiactivas producidas por esos instrumentos, o utilizadas como material bombardeado en ellos. Quedan excluidos del ámbito de aplicación de esta Guía de Seguridad los materiales nucleares, conforme a la definición que de ellos se hace en la Convención sobre la protección física de los materiales nucleares [21] (revisada en 2005). Además, en situaciones en las que predominen factores distintos de los que aquí se tratan, esta clasificación puede resultar inadecuada, como sucede, por ejemplo en el campo de la gestión de los desechos y la consideración de las opciones de eliminación de las fuentes en desuso, en que tienen diferente peso factores como la actividad específica, las propiedades químicas y su período de vida media [22]. Esta Guía de Seguridad no se aplica a los paquetes de materiales radiactivos objeto de transporte, a los que se aplica, en cambio, el Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos [23].

1.13. La clasificación tiene por objeto las fuentes selladas, aunque se puede utilizar el método para clasificar por categorías fuentes radiactivas no selladas, de lo que se dan algunos ejemplos en el apéndice I.

ESTRUCTURA

1.14. En la sección 2 se expone el sistema de clasificación y de su puesta en práctica se trata en la sección 3. Se dan más detalles de las categorías recomendadas en el apéndice I, y en el apéndice II se describen las categorías en lenguaje sencillo. Los anexos I y II recogen materiales que explican los métodos empleados para establecer el sistema de clasificación y dividir en categorías las fuentes radiactivas y las prácticas en que se utilizan.

2. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

GENERALIDADES

2.1. El cuadro 2 del apéndice I muestra varios ejemplos de la gran variedad de radionucleidos y actividades con fuentes radiactivas que se utilizan para fines beneficiosos en el mundo. Partiendo del hecho de que la salud de los seres

humanos tiene una importancia primordial, el sistema clasificatorio se basa fundamentalmente en el potencial que encierran las fuentes radiactivas de causar efectos deterministas sobre la salud. El sistema se basa, pues, en el concepto de ‘fuentes peligrosas’— que se cuantifican en tanto que ‘valores D ’²—. El valor D es la actividad específica de los radionucleidos de una fuente que, de no hallarse bajo control, podría causar graves efectos deterministas en diversas circunstancias hipotéticas, entre ellas la exposición externa procedente de una fuente no blindada y la exposición interna a raíz de la dispersión del material de la fuente (véase el anexo II).

2.2. La actividad A del material radiactivo de las fuentes varía en muchos órdenes de magnitud (apéndice I); por consiguiente, se utilizan los valores D para normalizar las distintas actividades a fin de obtener una referencia que permita comparar los diferentes riesgos³. En el apéndice I⁴ se dan los valores A/D correspondientes a una variedad de fuentes de utilización común. Los valores A/D se utilizan para establecer una clasificación inicial del riesgo relativo de las fuentes, a las que posteriormente se distribuye por categorías después de haber considerado otros factores como las formas físicas y químicas, el tipo de blindaje o contención empleado, las circunstancias de utilización y el historial de accidentes. Esta toma en consideración de otros factores es necesariamente subjetiva y se funda en gran medida en pareceres internacionales alcanzados por consenso, lo mismo que lo son las fronteras entre las categorías.

² Originalmente, se derivaron los valores D en el contexto de la preparación ante situaciones de emergencia [23] para establecer un punto de referencia que correspondiera a una ‘fuente peligrosa’ [24, 25] en una escala de los riesgos que podrían proceder de fuentes no controladas.

³ La palabra ‘riesgo’ se utiliza aquí en el sentido general de una cantidad multiatributiva que expresa riesgo, peligro o posibilidad de consecuencias nocivas o dañinas asociadas a exposiciones reales o posibles. Se refiere a cantidades como la probabilidad de que puedan producirse consecuencias deletéreas específicas y de la magnitud y la índole de esas consecuencias. Al clasificar los riesgos, se han utilizado como factor normalizador los valores D porque se basan en los efectos deterministas sobre la salud y, por consiguiente, son aplicables con respecto a todos los Estados. En aras de la armonización internacional, no se tuvieron en cuenta los posibles costos por concepto de limpieza a raíz de la dispersión de una fuente, porque varían de un Estado a otro.

⁴ La lista de fuentes del apéndice I comprende ejemplos de fuentes que han sido o fueron (en 2004) de utilización común. No es exhaustiva, ya que puede haber fuentes con actividades mayores o menores que las descritas y, además, porque la evolución tecnológica puede hacer que la lista cambie con el tiempo.

2.3. El sistema de clasificación expuesto en esta Guía de Seguridad tiene cinco categorías, cantidad que se considera suficiente para poder aplicarlo en la práctica, sin precisiones innecesarias. Dentro de este sistema, se considera que las fuentes de la categoría 1 son las más ‘peligrosas’ porque pueden suponer un riesgo altísimo para la salud de los seres humanos si no se manejan en condiciones de seguridad tecnológica y física. La exposición durante sólo unos cuantos minutos a una fuente de categoría 1 no blindada puede ser fatal. En el extremo inferior del sistema de clasificación, las fuentes de la categoría 5 son las menos peligrosas; ahora bien, incluso ellas pueden dar lugar a dosis superiores a las dosis límite si no se controlan correctamente y, por consiguiente, hay que mantenerlas bajo el adecuado control regulador. No conviene subdividir las categorías porque se alcanzaría un grado de precisión innecesario y se menoscabaría la armonización internacional. En el apéndice II se describen con palabras sencillas las categorías.

CATEGORÍAS RECOMENDADAS PARA FUENTES UTILIZADAS EN PRÁCTICAS COMUNES

2.4. Se ha utilizado el método de clasificación aquí expuesto y que se describe más detalladamente en el anexo I para distribuir las fuentes que se utilizan en prácticas comunes en una u otra de las cinco categorías, como puede verse en el apéndice I. En el cuadro 1 se dan ejemplos de fuentes de utilización común.

3. PUESTA EN PRÁCTICA DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

3.1. La publicación sobre Requisitos de Seguridad N° GS-R-1 [2] y las NBS [1] imponen obligaciones a las partes que intervienen en la utilización de fuentes de radiación para asegurar su seguridad tecnológica y física. Concretamente, la GS-R-1 dispone que el órgano regulador “deberá definir las políticas, principios de seguridad y criterios conexos en que basará su labor de reglamentación” (párr. 3.1). También especifica que la legislación “deberá establecer los procedimientos de autorización y de otro tipo (tales como los de notificación y exención), teniendo en cuenta la posible magnitud y naturaleza

CUADRO 1. UTILIZACIÓN DEL SISTEMA
 CUADRO 1. CATEGORÍAS RECOMENDADAS PARA FUENTES UTILIZADAS EN PRÁCTICAS COMUNES

Categoría	Fuente ^a y práctica	Proporción de la actividad ^b (A/D)
1	Generadores termoeléctricos de radioisótopos (GTR) Irradiadores Fuentes de teleterapia Fuentes de teleterapia fija de haces múltiples (cuchillo gamma)	$A/D \geq 1\ 000$
2	Fuentes de radiografía gamma industrial Fuentes de braquiterapia de elevada/media tasa de dosis	$1\ 000 > A/D \geq 10$
3	Calibradores industriales fijos con fuentes de actividad alta ^c Calibradores para diagráfia de pozos	$10 > A/D \geq 1$
4	Fuentes de braquiterapia de baja tasa de dosis (salvo placas oculares e implantes permanentes) Calibradores industriales sin fuentes de actividad alta Densitómetros de huesos Eliminadores de estática	$1 > A/D \geq 0,01$
5	Fuentes de braquiterapia de baja tasa de dosis, placas oculares e implantes permanentes Aparatos de análisis mediante fluorescencia por rayos X (FRX) Aparatos detectores por captura de electrones Fuentes de espectrometría Mössbauer Fuentes de examen mediante tomografía por emisión de positrones (TEP)	$0,01 > A/D$ y $A > \text{exim.}^d$

^a Se han tomado en cuenta otros factores además de A/D al distribuir las fuentes por categorías (véase el anexo I).

^b Se puede utilizar esta columna para determinar la categoría de una fuente basándose únicamente en A/D, método éste que puede ser adecuado, por ejemplo, si no se conoce la práctica, o no figura en la lista; si las fuentes tienen una vida media breve y/o no están selladas, o bien si se han sumado las fuentes (véase el párr. 3.5).

^c Se dan ejemplos en el apéndice I.

^d Las cantidades eximidadas figuran en la Lista I de la Ref. [1].

del peligro inherente a la instalación o la actividad...” (párr. 2.4 (3)) y que el control que ejerza el órgano regulador “deberá ser proporcionado a la posible magnitud y naturaleza del riesgo entrañado” (párr. 5.3). De modo similar, las NBS estipulan que: “La aplicación de los requisitos prescritos por las Normas a cualquier práctica o cualquier fuente adscrita a una práctica [...] deberá estar en consonancia con las características de la práctica o fuente y con la magnitud y probabilidad de las exposiciones” (párr. 2.8).

3.2. El órgano regulador debería utilizar el sistema de clasificación que se describe en esta Guía de Seguridad para establecer una base coherente sobre la cual aplicar estos requisitos en diferentes campos, comprendidos los siguientes:

- *Medidas reguladoras*: Para proporcionar uno de los factores que deben tomarse en cuenta al elaborar un sistema escalonado de notificación, inscripción, autorización e inspecciones [1, 2, 26, 27]. El sistema de clasificación por categorías también ayuda a asegurar que la asignación de recursos humanos y financieros a las medidas de protección esté en consonancia con el riesgo asociado a la fuente.
- *Medidas de seguridad*: Para proporcionar una base escalonada que ayude a elegir las medidas de seguridad, al tiempo que se reconoce que también son importantes otros factores [20] (véase también la Ref. [28]);
- *Registro nacional de fuentes*: Para optimizar las decisiones acerca de qué fuentes habrá que incluir y qué grado de detalle se habrá de utilizar en un registro nacional de fuentes, conforme se recomienda en el Código de Conducta [19] (véase el párr. 3.7 *infra*);
- *Controles de las importaciones y exportaciones*: Para optimizar las decisiones acerca de qué fuentes deberán estar sometidas a controles a la importación y la exportación, para cumplir las obligaciones nacionales atinentes al Código de Conducta [19] y las orientaciones sobre controles de las importaciones y las exportaciones de las fuentes de las categorías 1 y 2 [29] (véase el párr. 3.9);
- *Etiquetado de las fuentes de alta actividad*: Para orientar las decisiones acerca de qué habrá que marcar con una etiqueta adecuada (además del trébol que indica radiación) que advierta del peligro de irradiación, como se recomienda en el Código de Conducta [19];
- *Preparación y respuesta ante situaciones de emergencia*: Para asegurar que los planes de preparación para situaciones de emergencia y la respuesta ante accidentes sean proporcionados a los peligros que entraña la fuente [25];
- *Establecimiento de prioridades para recobrar el control de las fuentes huérfanas*: Para fundamentar las decisiones acerca de cómo focalizar los esfuerzos encaminados a recobrar el control de las fuentes huérfanas [27];

- *Comunicación con el público*: Para proporcionar una base que permita explicar los riesgos relativos que entrañan los incidentes y episodios en que estén implicadas fuentes radiactivas (véase también la Ref. [30]).

CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES

3.3. El órgano regulador debería utilizar los datos del cuadro 1 y el apéndice I para clasificar por categorías las fuentes. Si un tipo determinado de fuente no figura en el cuadro 1 o en el apéndice I, habría que calcular la proporción A/D de la actividad y compararla con las dadas en el apéndice I para tipos de fuentes similares. Se haría tomando la actividad A de la fuente (en TBq) y dividiéndola por el valor D del radionucleido correspondiente dado en el anexo II. La proporción A/D resultante debería ser comparada con los valores recogidos en la columna derecha del cuadro 1. En algunas situaciones podrá ser adecuado asignar una categoría a una fuente basándose únicamente en A/D — por ejemplo, cuando no se conoce o no se ha confirmado la práctica para la que se puede utilizar la fuente, como puede suceder en el momento de la importación o la exportación de la fuente. En cambio, cuando se conocen las circunstancias de utilización de la fuente, el órgano regulador puede decidir que es oportuno modificar esa categoría asignada utilizando otra información sobre la fuente o su utilización. En algunas circunstancias puede ser conveniente asignar una categoría basándose en la práctica en la que se utiliza la fuente.

Los radionucleidos de vida media breve y las fuentes no selladas

3.4. En algunas prácticas, como la medicina nuclear, se utilizan radionucleidos que tienen una vida media breve en una forma de fuente que no está sellada. Entre los ejemplos de esas aplicaciones están el radionucleido Tc 99m en radiodiagnósticos y el I 131 en radioterapia. En esas situaciones, se pueden aplicar los principios del sistema de clasificación en categorías para determinar una categoría para la fuente, pero se deberá escoger mediante el pertinente raciocinio la actividad en que se basará el cálculo de la proporción A/D . Estas situaciones deberían ser examinadas una por una.

Suma de las fuentes

3.5. Habrá situaciones en las que las fuentes radiactivas estén muy próximas unas a otras, como en los procesos de fabricación (por ejemplo, en la misma habitación o el mismo edificio) o en instalaciones de almacenamiento (por ejemplo, en el mismo recinto). En tales circunstancias, el órgano regulador puede

querer sumar la actividad de las fuentes para determinar una clasificación en categorías específica de la situación a los efectos de aplicar medidas de control regulador. En esas situaciones, habría que dividir la actividad sumada del radionucleido por el adecuado valor D y comparar la proporción A/D calculada con las proporciones A/D dadas en el cuadro 1, gracias a lo cual se podría clasificar por categorías el conjunto de las fuentes basándose en la actividad. Si se suman fuentes con diversos radionucleidos, habría que utilizar la suma de las proporciones A/D para determinar la categoría, de conformidad con la fórmula:

$$\text{Suma de } A/D = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

en que

$A_{i,n}$ = actividad de cada fuente i del radionucleido n ;

D_n = valor D para el radionucleido n .

3.6. En cada caso se debería reconocer que puede ser menester tomar en cuenta otros factores al asignar una categoría. Por ejemplo, la suma de las fuentes durante su manufactura y su suma en la utilización pueden tener consecuencias diferentes en lo tocante a la seguridad tecnológica.

EL REGISTRO NACIONAL DE FUENTES RADIATIVAS

3.7. Según se recomienda en la Guía de Seguridad sobre el control regulador de las fuentes de radiación [26], el órgano regulador debería mantener un registro nacional de fuentes radiactivas. Además, en el párr. 11 del Código de Conducta [19] se dice que el registro “comprenderá como mínimo las fuentes radiactivas pertenecientes a las categorías 1 y 2” y que “[a] fin de que el intercambio de información sobre fuentes radiactivas entre Estados sea eficaz, los Estados deben tratar de armonizar el formato de sus registros”.

3.8. Habida cuenta de que las fuentes de categoría 3 pueden causar graves efectos deterministas, el órgano regulador también puede estudiar la conveniencia de incluirlas en un registro nacional junto con las fuentes de las categorías 1 y 2. Aunque no es probable que las fuentes de las categorías 4 y 5 sean peligrosas para las personas, podrían dar lugar a consecuencias perjudiciales de utilizarse indebidamente, por ejemplo, por la exposición indebida de personas o la contaminación del entorno local. Así pues, las autoridades nacionales deberían determinar si hay necesidad de incluir las fuentes de las categorías 4 y 5 en un registro nacional.

IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE FUENTES RADIATIVAS

3.9. El Código de Conducta [19] proporciona orientaciones sobre la importación y la exportación de fuentes radiactivas de las categorías 1 y 2. En sus párrafos 23–25 se recomienda que:

“23. Todo Estado que participe en la importación o exportación de fuentes radiactivas debe adoptar medidas apropiadas para asegurar que las transferencias se realicen en conformidad con las disposiciones del Código y que las transferencias de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código tengan lugar sólo con la notificación previa del Estado exportador y, según corresponda, con la aprobación del Estado importador con arreglo a sus leyes y reglamentaciones respectivas.

24. Todo Estado que se proponga autorizar la importación de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código debe aprobar su importación sólo si el destinatario está autorizado a recibir y poseer la fuente en virtud de su legislación nacional y el Estado tiene la capacidad técnica y administrativa, los recursos y la estructura reglamentaria apropiados para garantizar que la fuente se gestionará en consonancia con las disposiciones del presente Código.

25. Todo Estado que se proponga autorizar la exportación de fuentes radiactivas comprendidas en las categorías 1 y 2 del Anexo del presente Código debe aprobar su exportación sólo si puede cerciorarse de que, en la medida de lo posible, el Estado destinatario ha autorizado al destinatario a recibir y poseerla fuente y tiene la capacidad técnica y administrativa, los recursos y la estructura reglamentaria apropiados para garantizar que la fuente se gestionará en consonancia con las disposiciones del presente Código.”

Los párrafos 26–29 del Código de Conducta proporcionan más orientación sobre la importación y exportación — comprendida una cláusula relativa a los ‘casos excepcionales’ en que no puedan cumplirse las condiciones mencionadas en los párrafos 24 y 25 que se acaban de reproducir.

3.10. En la publicación ‘Directrices sobre la importación y exportación de fuentes radiactivas’ [29] del OIEA figuran consejos detallados dirigidos a los Estados que importan y/o exportan fuentes radiactivas.

Apéndice I

CATEGORÍAS APLICABLES A LAS FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES

I.1. El cuadro 2 da ejemplos de fuentes que han sido de uso común o que lo eran en 2004 (columna I). La lista no es exhaustiva, ya que puede haber fuentes de actividad más elevada o más baja que las descritas, situación que además puede cambiar con el tiempo a causa de la evolución de la tecnología. La columna II recoge el/los radionucleido(s) utilizado(s) habitualmente. Las columnas III–V, ejemplos de actividad máxima, mínima y típica. Los valores D figuran en la columna VI y las proporciones de la actividad A/D en la columna VII. La clasificación se muestra en las columnas VIII y IX. La columna VIII muestra la distribución inicial por categorías basada en A/D y la columna IX la clasificación recomendada teniendo en cuenta otros factores que en general se sabe que están asociados a determinados tipos de fuentes. El órgano regulador puede modificar esta distribución por categorías basándose en el conocimiento específico de factores pertinentes, como el método de construcción, la forma física o química de la fuente, la utilización en entornos remotos o en los que reinan condiciones rigurosas, el historial de accidentes y la transportabilidad. Obsérvese que en el cuadro 2 únicamente figuran fuentes individuales; cuando se sumen las fuentes, habrá que seguir las recomendaciones del párr. 3.5.

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		Cantidad utilizada (A)			Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Recomendada
		Ci	TBq					
	Co 60	Máx.	5,0E+04	1,9E+03	3,E-02	6,2E+04	1	
	Co 60	Mín.	1,5E+03	5,6E+01	3,E-02	1,9E+03	1	1
	Co 60	Típ.	2,5E+04	9,3E+02	3,E-02	3,1E+04	1	
Irradiadores de sangre/tejidos	Cs 137	Máx.	1,2E+04	4,4E+02	1,E-01	4,4E+03	1	
	Cs 137	Mín.	1,0E+03	3,7E+01	1,E-01	3,7E+02	2	1
	Cs 137	Típ.	7,0E+03	2,6E+02	1,E-01	2,6E+03	1	
	Co 60	Máx.	3,0E+03	1,1E+02	3,E-02	3,7E+03	1	
	Co 60	Mín.	1,5E+03	5,6E+01	3,E-02	1,9E+03	1	1
	Co 60	Típ.	2,4E+03	8,9E+01	3,E-02	3,0E+03	1	
Fuentes de teleterapia de haces múltiples (cuchillo gamma)	Co 60	Máx.	1,0E+04	3,7E+02	3,E-02	1,2E+04	1	
	Co 60	Mín.	4,0E+03	1,5E+02	3,E-02	4,9E+03	1	1
	Co 60	Típ.	7,0E+03	2,6E+02	3,E-02	8,6E+03	1	
Fuentes de teleterapia	Co 60	Máx.	1,5E+04	5,6E+02	3,E-02	1,9E+04	1	
	Co 60	Mín.	1,0E+03	3,7E+01	3,E-02	1,2E+03	1	1
	Co 60	Típ.	4,0E+03	1,5E+02	3,E-02	4,9E+03	1	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Fuente	Radionucleido	Categoría	Cantidad utilizada (A)		Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Categoría	
			Ci	TBq			Basada en A/D	Recomendada
	Cs 137	Máx.	1,5E+03	5,6E+01	1,E-01	5,6E+02	2	
	Cs 137	Mín.	5,0E+02	1,9E+01	1,E-01	1,9E+02	2	1
	Cs 137	Típ.	5,0E+02	1,9E+01	1,E-01	1,9E+02	2	
Categoría 2								
Fuentes de radiografía industrial	Co 60	Máx.	2,0E+02	7,4E+00	3,E-02	2,5E+02	2	
	Co 60	Mín.	1,1E+01	4,1E-01	3,E-02	1,4E+01	2	2
	Co 60	Típ.	6,0E+01	2,2E+00	3,E-02	7,4E+01	2	
	Ir 192	Máx.	2,0E+02	7,4E+00	8,E-02	9,3E+01	2	
	Ir 192	Mín.	5,0E+00	1,9E-01	8,E-02	2,3E+00	3	2
	Ir 192	Típ.	1,0E+02	3,7E+00	8,E-02	4,6E+01	2	
	Se 75	Máx.	8,0E+01	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2	
	Se 75	Mín.	8,0E+01	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2	2
	Se 75	Típ.	8,0E+01	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2	
	Yb 169	Máx.	1,0E+01	3,7E-01	3,E-01	1,2E+00	3	1
	Yb 169	Mín.	2,5E+00	9,3E-02	3,E-01	3,1E-01	4	2
	Yb 169	Típ.	5,0E+00	1,9E-01	3,E-01	6,2E-01	4	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV		V	VI	VII	VIII	IX
			Ci	TBq					
		Cantidad utilizada (A)			Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Categoría		
		Basada en A/D		Recomendada					
Fuentes de braquiterapia — alta/media tasa de dosis	Tm 170	Máx.	2,0E+02	7,4E+00	2, E+01	3,7E-01	4		
	Tm 170	Mín.	2,0E+01	7,4E-01	2, E+01	3,7E-02	4	2	
	Tm 170	Típ.	1,5E+02	5,6E+00	2, E+01	2,8E-01	4		
	Co 60	Máx.	2,0E+01	7,4E-01	3, E-02	2,5E+01	2		
	Co 60	Mín.	5,0E+00	1,9E-01	3, E-02	6,2E+00	3	2	
	Co 60	Típ.	1,0E+01	3,7E-01	3, E-02	1,2E+01	2		
	Cs 137	Máx.	8,0E+00	3,0E-01	1, E-01	3,0E+00	3		
	Cs 137	Mín.	3,0E+00	1,1E-01	1, E-01	1,1E+00	3	2	
	Cs 137	Típ.	3,0E+00	1,1E-01	1, E-01	1,1E+00	3		
Fuentes de calibración	Ir 192	Máx.	1,2E+01	4,4E-01	8, E-02	5,6E+00	3		
	Ir 192	Mín.	3,0E+00	1,1E-01	8, E-02	1,4E+00	3	2	
	Ir 192	Típ.	6,0E+00	2,2E-01	8, E-02	2,8E+00	3		
	Co 60	Máx.	3,3E+01	1,2E+00	3, E-02	4,1E+01	2		
	Co 60	Mín.	5,5E-01	2,0E-02	3, E-02	6,8E-01	4	a	
	Co 60	Típ.	2,0E+01	7,4E-01	3, E-02	2,5E+01	2		

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	Cantidad utilizada (A)			Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	VIII	IX
		III	IV	V				
	Cs 137	Máx.	3,0E+03	1,1E+02	1,E-01	1,1E+03	1	
	Cs 137	Mín.	1,5E+00	5,6E-02	1,E-01	5,6E-01	4	a
	Cs 137	Típ.	6,0E+01	2,2E+00	1,E-01	2,2E+01	2	
Categoría 3								
Calibradores de nivel	Cs 137	Máx.	5,0E+00	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3	
	Cs 137	Mín.	1,0E+00	3,7E-02	1,E-01	3,7E-01	4	3
	Cs 137	Típ.	5,0E+00	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3	
	Co 60	Máx.	1,0E+01	3,7E-01	3,E-02	1,2E+01	2	
	Co 60	Mín.	1,0E-01	3,7E-03	3,E-02	1,2E-01	4	3
	Co 60	Típ.	5,0E+00	1,9E-01	3,E-02	6,2E+00	3	
Fuentes de calibración	Am 241	Máx.	2,0E+01	7,4E-01	6,E-02	1,2E+01	2	
	Am 241	Mín.	5,0E+00	1,9E-01	6,E-02	3,1E+00	3	a
	Am 241	Típ.	1,0E+01	3,7E-01	6,E-02	6,2E+00	3	
Calibradores de transportadores	Cs 137	Máx.	4,0E+01	1,5E+00	1,E-01	1,5E+01	2	
	Cs 137	Mín.	3,0E-03	1,1E-04	1,E-01	1,1E-03	5	3
	Cs 137	Típ.	3,0E+00	1,1E-01	1,E-01	1,1E+00	3	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV		VI	VII	VIII	IX
			Cantidad utilizada (A)					
			Ci	TBq	Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Categoría Recomendada
Cf 252		Máx.	3,7E-02	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4	
		Mín.	3,7E-02	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4	3
		Típ.	3,7E-02	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4	
Calibradores de altos hornos	Co 60	Máx.	2,0E+00	7,4E-02	3,E-02	2,5E+00	3	
	Co 60	Mín.	1,0E+00	3,7E-02	3,E-02	1,2E+00	3	3
	Co 60	Típ.	1,0E+00	3,7E-02	3,E-02	1,2E+00	3	
Calibradores de draga	Co 60	Máx.	2,6E+00	9,6E-02	3,E-02	3,2E+00	3	
	Co 60	Mín.	2,5E-01	9,3E-03	3,E-02	3,1E-01	4	3
	Co 60	Típ.	7,5E-01	2,8E-02	3,E-02	9,3E-01	4	
Cs 137		Máx.	1,0E+01	3,7E-01	1,E-01	3,7E+00	3	
		Mín.	2,0E-01	7,4E-03	1,E-01	7,4E-02	4	3
		Típ.	2,0E+00	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4	
Calibradores de espesor	Cs 137	Máx.	5,0E+00	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3	
	Cs 137	Mín.	2,0E+00	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4	3
	Cs 137	Típ.	2,0E+00	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV		V	VI	VII	VIII	IX
			Cantidad utilizada (A)						
			Ci	TBq	Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Categoría	
Fuentes de puesta en marcha de reactores de investigación	Am 241/Be	Máx.	5,0E+00	1,9E-01	6,E-02	3,1E+00	3		
	Am 241/Be	Mín.	2,0E+00	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3		3
	Am 241/Be	Típ.	2,0E+00	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3		
Fuentes de diagrafía de pozos	Am 241/Be	Máx.	2,3E+01	8,5E-01	6,E-02	1,4E+01	2		
	Am 241/Be	Mín.	5,0E-01	1,9E-02	6,E-02	3,1E-01	4		3
	Am 241/Be	Típ.	2,0E+01	7,4E-01	6,E-02	1,2E+01	2		
	Cs 137	Máx.	2,0E+00	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4		
	Cs 137	Mín.	1,0E+00	3,7E-02	1,E-01	3,7E-01	4		3
	Cs 137	Típ.	2,0E+00	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4		
Marcapasos	Cf 252	Máx.	1,1E-01	4,1E-03	2,E-02	2,0E-01	4		
	Cf 252	Mín.	2,7E-02	1,0E-03	2,E-02	5,0E-02	4		3
	Cf 252	Típ.	3,0E-02	1,1E-03	2,E-02	5,6E-02	4		
	Pu 238	Máx.	8,0E+00	3,0E-01	6,E-02	4,9E+00	3		
	Pu 238	Mín.	2,9E+00	1,1E-01	6,E-02	1,8E+00	3		b
	Pu 238	Típ.	3,0E+00	1,1E-01	6,E-02	1,9E+00	3		

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	Cantidad utilizada (A)			Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	VIII	IX
		III	IV	V				
Fuentes de calibración	Pu 239/Be	Máx.	1,0E+01	3,7E-01	6,E-02	6,2E+00	3	
	Pu 239/Be	Mín.	2,0E+00	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3	a
	Pu 239/Be	Típ.	3,0E+00	1,1E-01	6,E-02	1,9E+00	3	
Categoría 4								
Fuentes de braquiterapia — baja tasa de dosis	Cs 137	Máx.	7,0E-01	2,6E-02	1,E-01	2,6E-01	4	
	Cs 137	Mín.	1,0E-02	3,7E-04	1,E-01	3,7E-03	5	4
	Cs 137	Típ.	5,0E-01	1,9E-02	1,E-01	1,9E-01	4	
	Ra 226	Máx.	5,0E-02	1,9E-03	4,E-02	4,6E-02	4	
	Ra 226	Mín.	5,0E-03	1,9E-04	4,E-02	4,6E-03	5	4
	Ra 226	Típ.	1,5E-02	5,6E-04	4,E-02	1,4E-02	4	
	I 125	Máx.	4,0E-02	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5	
	I 125	Mín.	4,0E-02	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5	4
	I 125	Típ.	4,0E-02	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5	
	Ir 192	Máx.	7,5E-01	2,8E-02	8,E-02	3,5E-01	4	
	Ir 192	Mín.	2,0E-02	7,4E-04	8,E-02	9,3E-03	5	4
	Ir 192	Típ.	5,0E-01	1,9E-02	8,E-02	2,3E-01	4	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
			Ci	TBq			Basada en A/D	Recomendada
	Pm 147	Máx.	5,0E-02	1,9E-03	4,E+01	4,6E-05	5	
	Pm 147	Mín.	2,0E-03	7,4E-05	4,E+01	1,9E-06	5	4
	Pm 147	Típ.	5,0E-02	1,9E-03	4,E+01	4,6E-05	5	
	Cm 244	Máx.	1,0E+00	3,7E-02	5,E-02	7,4E-01	4	
	Cm 244	Mín.	2,0E-01	7,4E-03	5,E-02	1,5E-01	4	4
	Cm 244	Típ.	4,0E-01	1,5E-02	5,E-02	3,0E-01	4	
Calibradores de nivel de carga	Am 241	Máx.	1,2E-01	4,4E-03	6,E-02	7,4E-02	4	
	Am 241	Mín.	1,2E-02	4,4E-04	6,E-02	7,4E-03	5	4
	Am 241	Típ.	6,0E-02	2,2E-03	6,E-02	3,7E-02	4	
	Cs 137	Máx.	6,5E-02	2,4E-03	1,E-01	2,4E-02	4	
	Cs 137	Mín.	5,0E-02	1,9E-03	1,E-01	1,9E-02	4	4
	Cs 137	Típ.	6,0E-02	2,2E-03	1,E-01	2,2E-02	4	
	Co 60	Máx.	5,0E-01	1,9E-02	3,E-02	6,2E-01	4	
Co 60	Mín.	5,0E-03	1,9E-04	3,E-02	6,2E-03	5	4	
Co 60	Típ.	2,4E-02	8,7E-04	3,E-02	2,9E-02	4		
Fuentes de calibración	Sr 90	Máx.	2,0E+00	7,4E-02	1,E+00	7,4E-02	4	
	Sr 90	Mín.	2,0E+00	7,4E-02	1,E+00	7,4E-02	4	a

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV		V	VI	VII	VIII	IX
			Cantidad utilizada (A)						
			Ci	TBq	Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Recomendada	Categoría
Fuentes de densitometría de huesos	Cf 252	Máx.	7,0E-05	2,6E-06	2,E-02	1,3E-04	5		
	Cf 252	Mín.	3,0E-05	1,1E-06	2,E-02	5,6E-05	5	4	
	Cf 252	Típ.	6,0E-05	2,2E-06	2,E-02	1,1E-04	5		
	Cd 109	Máx.	2,0E-02	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5		
	Cd 109	Mín.	2,0E-02	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5	4	
	Cd 109	Típ.	2,0E-02	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5		
	Gd 153	Máx.	1,5E+00	5,6E-02	1,E+00	5,6E-02	4		
	Gd 153	Mín.	2,0E-02	7,4E-04	1,E+00	7,4E-04	5	4	
	Gd 153	Típ.	1,0E+00	3,7E-02	1,E+00	3,7E-02	4		
	I 125	Máx.	8,0E-01	3,0E-02	2,E-01	1,5E-01	4		
	I 125	Mín.	4,0E-02	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5	4	
	I 125	Típ.	5,0E-01	1,9E-02	2,E-01	9,3E-02	4		
	Am 241	Máx.	2,7E-01	1,0E-02	6,E-02	1,7E-01	4		
	Am 241	Mín.	2,7E-02	1,0E-03	6,E-02	1,7E-02	4	4	
	Am 241	Típ.	1,4E-01	5,0E-03	6,E-02	8,3E-02	4		

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV	V		VI	VII	VIII	IX
				Cantidad utilizada (A)					
			Ci	TBq	Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Categoría	
Eliminadores de estática	Am 241	Máx.	1,1E-01	4,1E-03	6,E-02	6,8E-02	4		
	Am 241	Mín.	3,0E-02	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4		4
	Am 241	Típ.	3,0E-02	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4		
	Po 210	Máx.	1,1E-01	4,1E-03	6,E-02	6,8E-02	4		
	Po 210	Mín.	3,0E-02	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4		4
	Po 210	Típ.	3,0E-02	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4		
Generadores de isótopos para diagnósticos	Mo 99	Máx.	1,0E+01	3,7E-01	3,E-01	1,2E+00	3		
	Mo 99	Mín.	1,0E+00	3,7E-02	3,E-01	1,2E-01	4		4
	Mo 99	Típ.	1,0E+00	3,7E-02	3,E-01	1,2E-01	4		
Fuentes no selladas médicas	I 131	Máx.	2,0E-01	7,4E-03	2,E-01	3,7E-02	4		
	I 131	Mín.	1,0E-01	3,7E-03	2,E-01	1,9E-02	4		c
	I 131	Típ.	1,0E-01	3,7E-03	2,E-01	1,9E-02	4		
Categoría 5									
Fuentes de analizadores mediante FRX	Fe 55	Máx.	1,4E-01	5,0E-03	8,E+02	6,2E-06	5		
	Fe 55	Mín.	3,0E-03	1,1E-04	8,E+02	1,4E-07	5		5
	Fe 55	Típ.	2,0E-02	7,4E-04	8,E+02	9,3E-07	5		

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		Cantidad utilizada (A)			Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Recomendada
		Ci	TBq					
	Cd 109	Máx.	1,5E-01	5,6E-03	2,E+01	2,8E-04	5	
	Cd 109	Mín.	3,0E-02	1,1E-03	2,E+01	5,6E-05	5	5
	Cd 109	Típ.	3,0E-02	1,1E-03	2,E+01	5,6E-05	5	
	Co 57	Máx.	4,0E-02	1,5E-03	7,E-01	2,1E-03	5	
	Co 57	Mín.	1,5E-02	5,6E-04	7,E-01	7,9E-04	5	5
	Co 57	Típ.	2,5E-02	9,3E-04	7,E-01	1,3E-03	5	
Fuentes de aparatos detectores por captura de electrones	Ni 63	Máx.	2,0E-02	7,4E-04	6,E+01	1,2E-05	5	
	Ni 63	Mín.	5,0E-03	1,9E-04	6,E+01	3,1E-06	5	5
	Ni 63	Típ.	1,0E-02	3,7E-04	6,E+01	6,2E-06	5	
	H 3	Máx.	3,0E-01	1,1E-02	2,E+03	5,6E-06	5	
	H 3	Mín.	5,0E-02	1,9E-03	2,E+03	9,3E-07	5	5
	H 3	Típ.	2,5E-01	9,3E-03	2,E+03	4,6E-06	5	
Pararrayos	Am 241	Máx.	1,3E-02	4,8E-04	6,E-02	8,0E-03	5	
	Am 241	Mín.	1,3E-03	4,8E-05	6,E-02	8,0E-04	5	5
	Am 241	Típ.	1,3E-03	4,8E-05	6,E-02	8,0E-04	5	

CUADRO 2. CATEGORÍAS APLICABLES A FUENTES UTILIZADAS EN ALGUNAS PRÁCTICAS COMUNES (cont.)

Fuente	Radionucleido	III	IV		V	VI	VII	VIII	IX
			Cantidad utilizada (A)						
			Ci	TBq	Valor D (TBq)	Propor- ción A/D	Basada en A/D	Recomendada	
Fuentes de examen mediante TEP	Ge 68	Máx.	1,0E-02	3,7E-04	7,E-01	5,3E-04	5		
	Ge 68	Mín.	1,0E-03	3,7E-05	7,E-01	5,3E-05	5	5	
	Ge 68	Típ.	3,0E-03	1,1E-04	7,E-01	1,6E-04	5		
Fuentes de espectrometría Mössbauer	Co 57	Máx.	1,0E-01	3,7E-03	7,E-01	5,3E-03	5	5	
	Co 57	Mín.	5,0E-03	1,9E-04	7,E-01	2,6E-04	5	5	
	Co 57	Típ.	5,0E-02	1,9E-03	7,E-01	2,6E-03	5	5	
Blancos de tritio	H 3	Máx.	3,0E+01	1,1E+00	2,E+03	5,6E-04	5		
	H 3	Mín.	3,0E+00	1,1E-01	2,E+03	5,6E-05	5	5	
	H 3	Típ.	7,0E+00	2,6E-01	2,E+03	1,3E-04	5		
Fuentes no selladas médicas	P 32	Máx.	6,0E-01	2,2E-02	1,E+01	2,2E-03	5		
	P 32	Mín.	6,0E-02	2,2E-03	1,E+01	2,2E-04	5	5	c
	P 32	Típ.	6,0E-01	2,2E-02	1,E+01	2,2E-03	5		

^a Hay fuentes de calibración en todas las categorías, salvo la categoría 1. Han sido asignadas al cuadro 2 de conformidad con el radionucleido y la actividad. El órgano regulador puede modificar la asignación basándose en factores y circunstancias específicos.

^b Ya no se fabrican fuentes de Pu-238 para marcapasos.

^c Las fuentes médicas no selladas corresponden normalmente a las categorías 4 y 5. El que no estén selladas y su breve vida media obliga a clasificarlas una por una.

Apéndice II

DESCRIPCIONES EN LENGUAJE SENCILLO DE LAS CATEGORÍAS

(Se ha elaborado la siguiente descripción en lenguaje sencillo de la clasificación de las fuentes con objeto de informar al público en general.)

II.1. En todo el mundo se utilizan fuentes radiactivas para muy diversas finalidades beneficiosas en la industria, la medicina, la agricultura, la investigación y la enseñanza. Cuando las fuentes se manejan en condiciones de seguridad y se protegen adecuadamente, se mantienen a niveles aceptablemente bajos los riesgos que corren los trabajadores y el público en general, y los beneficios superarán los riesgos que las fuentes entrañan.

II.2. Si una fuente radiactiva llegase a separarse del sistema de control o el material radiactivo de la fuente se dispersara a resultas de un accidente o de un acto doloso, habría personas que podrían quedar expuestas a niveles peligrosos de radiación. A los efectos de esta Guía de Seguridad, y de conformidad con los Requisitos de Seguridad para preparación y respuesta ante situaciones de emergencia [25] y con el Código de Conducta [19], se considera peligrosa una fuente radiactiva si su mala utilización pudiera amenazar la vida de la persona expuesta o causarle una lesión permanente que disminuyera la calidad de vida de esa persona. Pueden ser lesiones permanentes, por ejemplo, las quemaduras que necesitan una intervención quirúrgica y las lesiones que tienen efectos debilitadores en las manos. No se considera peligrosas las lesiones temporales como el enrojecimiento y la irritación de la piel, ni las alteraciones temporales de la composición de la sangre. La gravedad de esas lesiones dependerá de muchos factores, entre ellos: la actividad de la fuente radiactiva; la proximidad de la persona a la fuente y durante cuánto tiempo haya estado; si la fuente está blindada y si se ha dispersado su material radiactivo, con la consiguiente contaminación de la piel, inhalación o ingestión. A los efectos de la clasificación, cualquier posible daño debido a los efectos retardados de la radiación — por ejemplo, el cáncer inducido por una radiación que afecta más adelante en la vida a las personas expuestas — es una cuestión secundaria frente a la necesidad imperiosa de proteger frente a las consecuencias peligrosas que se han descrito.

II.3. La distribución por categorías que se muestra en el cuadro 3 es una calificación de las fuentes radiactivas conforme al potencial que encierran de causar efectos dañosos tempranos en la salud si no se maneja la fuente en

condiciones de seguridad tecnológica o no se protege correctamente desde el punto de vista físico. Las fuentes aparecen clasificadas en cinco categorías: las de la categoría 1 son en potencia las más peligrosas y las de la categoría 5 las que menos probabilidades hay de que resulten peligrosas. En el cuadro 3, se consideran dos tipos de riesgo: el riesgo al manipular una fuente o estar en sus proximidades y el riesgo que entraña el que un incendio o una explosión disperse el material radiactivo de una fuente. Un tercer tipo de riesgo es el que se debe a la posibilidad de que una fuente contamine un abastecimiento público de agua. Sería sumamente improbable que una fuente de la categoría 1 contaminara una red de abastecimiento público de agua hasta niveles peligrosos, aunque el material radiactivo fuese muy soluble en agua. Sería prácticamente imposible que una fuente de las categorías 2, 3, 4 o 5 contaminara una red de abastecimiento público de agua a niveles peligrosos.

CUADRO 3. DESCRIPCIONES EN LENGUAJE SENCILLO DE LAS CATEGORÍAS

Categoría de la fuente	Riesgo por hallarse cerca de una fuente determinada	Riesgo en caso de que un incendio o una explosión disperse el material radiactivo de la fuente
1	<p>Extremadamente peligrosa para las personas: Esta fuente, si no se maneja en condiciones de seguridad tecnológica o no se protege con seguridad desde el punto de vista físico, probablemente causaría lesiones permanentes a la persona que la manipulase o que estuviese en contacto con ella durante más de unos pocos minutos. Sería probablemente fatal hallarse junto a esta cantidad de material radiactivo no blindado por un tiempo entre unos cuantos minutos y una hora.</p>	<p>Si se dispersa, esta cantidad de material radiactivo tal vez podría — aunque sería improbable — lesionar permanentemente o poner en peligro la vida de las personas situadas en su proximidad inmediata. Habría escaso riesgo, o ninguno, de efectos inmediatos en la salud de las personas situadas a más de unos cuantos centenares de metros de distancia, pero habría que limpiar las zonas contaminadas conforme a las normas internacionales. En el caso de las fuentes grandes, la superficie que habría que limpiar podría ser de un kilómetro cuadrado o mayor^a.</p>
2	<p>Muy peligrosa para las personas: Esta fuente, si no se maneja en condiciones de seguridad tecnológica o no se protege con seguridad desde el punto de vista físico, podría causar lesiones permanentes a la persona que la manipulase o que estuviese en contacto con ella durante un tiempo breve (de minutos a horas). Podría ser fatal hallarse cerca de esta cantidad de material radiactivo no blindado durante un período de horas a días.</p>	<p>Esta cantidad de material radiactivo, si se dispersase, acaso podría — si bien sería muy improbable — lesionar permanentemente o poner en peligro la vida de las personas situadas en su cercanía inmediata. Habría escaso riesgo, o ninguno, de efectos inmediatos en la salud de las personas situadas a más de unos centenares de metros de distancia, pero habría que limpiar las zonas contaminadas conforme a las normas internacionales. La superficie que habría que limpiar probablemente no sobrepasaría el kilómetro cuadrado^a.</p>

CUADRO 3. DESCRIPCIONES EN LENGUAJE SENCILLO DE LAS CATEGORÍAS (cont.)

Categoría de la fuente	Riesgo por hallarse cerca de una fuente determinada	Riesgo en caso de que un incendio o una explosión disperse el material radiactivo de la fuente
3	<p>Peligrosa para las personas: Esta fuente, si no se maneja en condiciones de seguridad tecnológica o no se protege con seguridad desde el punto de vista físico, podría causar lesiones permanentes a la persona que la manipule o que estuviese en contacto con ella durante unas horas. Podría ser fatal — si bien sería improbable — hallarse cerca de esta cantidad de material radiactivo no blindado durante un período de días a semanas.</p>	<p>Esta cantidad de material radiactivo, si se dispersase, acaso podría — si bien sería sumamente improbable — lesionar permanentemente o poner en peligro la vida de las personas situadas en su cercanía inmediata. Habría escaso riesgo, o ninguno, de efectos inmediatos en la salud de las personas situadas a más de unos metros de distancia, pero habría que limpiar las zonas contaminadas conforme a las normas internacionales. La superficie que habría que limpiar probablemente no sobrepasaría una pequeña parte de un kilómetro cuadrado^a.</p>
4	<p>Improbable que sea peligrosa para las personas: Es muy improbable que esta fuente lesione permanentemente a alguien. Ahora bien, esta cantidad de material radiactivo no blindado, si no se maneja en condiciones de seguridad tecnológica o no se protege con seguridad desde el punto de vista físico, acaso podría — si bien sería improbable — lesionar temporalmente a quien la manipulara o estuviera en contacto con ella durante muchas horas, o que se hallase cerca de ella durante un período de muchas semanas.</p>	<p>Esta cantidad de material radiactivo, si se dispersase, no podría lesionar permanentemente a nadie^b.</p>
5	<p>Sumamente improbable que sea peligrosa para las personas: Nadie podría resultar lesionado permanentemente por esta fuente^b.</p>	<p>Esta cantidad de material radiactivo, si se dispersase, no podría lesionar permanentemente a nadie^b.</p>

^a El tamaño de la superficie que habría que limpiar dependería de muchos factores (entre ellos, la actividad de que se tratase, el radionucleido, cómo se dispersó y el tiempo atmosférico).

^b Para formular esta afirmación no se toman en cuenta los posibles efectos retardados en la salud (véase el párr. II.2).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA 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).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de Goiânia, OIEA, Viena (1990).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de San Salvador, OIEA, Viena (1991).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Soreq, OIEA, Viena (1993).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh, OIEA, Viena (1996).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Tammiku, OIEA, Viena (1998).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Istanbul, OIEA, Viena (2000).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Lilo, OIEA, Viena (2000).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Yanango, OIEA, Viena (2000).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Gilan, OIEA, Viena (2002).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Samut Prakarn, OIEA, Viena (2002).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sobreexposición accidental de pacientes de radioterapia en San José (Costa Rica), OIEA, Viena (2000).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Investigation of the Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, OIEA, Viena (2001).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Colección Informes de Seguridad N° 17, OIEA, Viena (2000).

- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1998).
- [17] Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials (Proc. Int. Conf. Dijon, 1998), OIEA, Viena (1999).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Categorization of Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1344, OIEA, Viena (2003).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Código de Conducta sobre seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas, OIEA/CODEOC/2004, OIEA, Viena (2004).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Security of Radioactive Sources – Interim Guidance for Comment, IAEA-TECDOC-1355, OIEA, Viena (2003).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Convención sobre la protección física de los materiales nucleares, Colección Jurídica N° 12, OIEA, Viena (1982).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Spent High Activity Radioactive Sources (SHARS), IAEA-TECDOC-1301, OIEA, Viena (2002).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 1996 (enmendado en 2003), Colección Normas de Seguridad del OIEA N° TS-R-1, OIEA, Viena (2003).
- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency: Updating IAEA-TECDOC-953, EPR-Method 2003, OIEA, Viena (2003).
- [25] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Regulatory Control of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.5, OIEA, Viena (2004).
- [27] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Strengthening Control over Radioactive Sources in Authorized Use and Regaining Control over Orphan Sources: National Strategies, IAEA-TECDOC-1388, OIEA, Viena (2004).

- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Prevention of the Inadvertent Movement and Illicit Trafficking of Radioactive Materials, IAEA-TECDOC-1311, OIEA, Viena (2002).
- [29] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources: Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources, IAEA/CODEOC/IMP-EXP/2005, OIEA, Viena (2005).
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The International Nuclear Event Scale (INES) User's Manual, Edición de 2001, OIEA, Viena (2001).

Anexo I

LÓGICA Y MÉTODO DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES RADIATIVAS

LA BASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

I-1. Cuando se manejan las fuentes radiactivas de conformidad con las normas de seguridad, en condiciones de seguridad tecnológica y física, se mantienen a niveles aceptablemente bajos los niveles de riesgo para los trabajadores y el público en general. En cambio, si no se manejan adecuadamente, como en el caso de los accidentes, la utilización dolosa o las fuentes huérfanas, las fuentes de alta actividad pueden causar diversos efectos deterministas en la salud, entre ellos eritemas, quemaduras de tejidos, enfermedades agudas de origen radiactivo y muertes.

I-2. Así pues, reconociendo el hecho de que la salud humana tiene una importancia primordial, el sistema de clasificación se basa en el potencial que tienen las fuentes radiactivas de causar efectos deterministas en la salud, el cual se debe en parte a las propiedades físicas de la fuente, especialmente su actividad, y en parte a la manera como se utiliza la fuente. Hay que tener en cuenta la práctica en que se utiliza la fuente, la existencia de un blindaje propio del aparato que contiene la fuente, el grado de supervisión y otros factores, que se describen en los párrafos I-13 y I-14.

I-3. Se excluyen específicamente de los criterios de clasificación determinados factores:

- Las consecuencias socioeconómicas resultantes de accidentes radiológicos o de actos dolosos, porque todavía no se ha elaborado una metodología para cuantificar y comparar esos efectos, sobre todo internacionalmente;
- La exposición deliberada de pacientes por motivos médicos, aunque las fuentes radiactivas utilizadas para esos fines se incluyen en el sistema de clasificación por haberse producido accidentes en que estuvieron envueltas [I-1–I-3].

En la derivación de los valores D no se cuantifican los efectos estocásticos de la exposición a radiaciones (por ejemplo, un mayor riesgo de cáncer). Ahora bien, como el riesgo de efectos estocásticos aumenta con la exposición, en general las fuentes de categoría superior encerrarán un mayor riesgo de efectos

estocásticos. Además, es probable que los efectos deterministas resultantes de un accidente o de un acto doloso eclipsen a breve plazo cualquier riesgo mayor de efectos estocásticos. No se tuvo en cuenta la ingestión deliberada de materiales radiactivos por una persona.

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

Acopio de los datos

I-4. En el apéndice I figuran los datos acerca de los radionucleidos y las actividades utilizados respecto de diversas fuentes y prácticas [I-4, I-5, I-6]. Para cada práctica (por ejemplo, radiografía industrial) y cada radionucleido utilizado en la práctica, se dan tres niveles de actividad: los niveles máximo, mínimo y típico (puede haber excepciones que no se han incluido). Esos datos figuran en las columnas I-V del cuadro 2 del apéndice I.

Factor normalizador

I-5. A fin de clasificar numéricamente las fuentes y las prácticas sobre una base uniforme, se divide cada actividad de la fuente por un factor normalizador — el valor D , que se describe más adelante. Al principio se pensó en utilizar como factores normalizadores los valores A_1 y A_2 del Reglamento del OIEA para el transporte [I-7], pero, aunque los valores A_1 y A_2 están bien establecidos y se podrían utilizar como medio para comparar riesgos dimanantes de radionucleidos en el transporte, otros factores limitan su aplicación a otros usos. Como A_1 y A_2 se derivaron para fines relacionados con el transporte [I-8], mientras que el sistema de clasificación se necesita para una aplicación general, se consideró que no era apropiado utilizar los valores A_1 y A_2 como factores normalizadores.

I-6. El OIEA ha elaborado una lista de niveles de actividad específicos de los radionucleidos a los fines de la planificación y la respuesta ante situaciones de emergencia [I-9]. Esos niveles, denominados valores D en esta Guía de Seguridad, se dan con respecto a una actividad por encima de los cuales se considera que una fuente radiactiva es una ‘fuente peligrosa’ ya que encierra un potencial importante de causar graves efectos deterministas si no se maneja en condiciones de seguridad tecnológica y física. Como la clasificación por categorías también se basa en el potencial de las fuentes para causar efectos deterministas en la salud, se consideró que los valores D eran factores normalizadores compatibles con miras a generar una clasificación numérica de

las fuentes y las prácticas. En la Ref. [I-9] se da una lista exhaustiva de valores D específicos de radionucleidos tanto para la exposición externa (valores D_1) como interna (valores D_2). Con miras a elaborar la clasificación por categorías, se utilizó el más restrictivo de los valores D_1 y D_2 como factor normalizador específico del radionucleido. Los valores D , para los radionucleidos enumerados en el apéndice I, se dan en el cuadro II-2 del anexo II. (Téngase presente que como el cuadro II-2 sólo muestra el valor más restrictivo de D_1 y D_2 , no se puede utilizar a la inversa para obtener las dosis que pueden surgir de fuentes con una actividad conocida.)

Clasificación de las fuentes

I-7. Respecto de cada fuente se dividió su actividad en TBq (columna V, cuadro 2, apéndice I) por el valor D específico del radionucleido correspondiente en TBq (columna VI) para dar una proporción normalizada adimensional de A/D (columna VII).

Número de categorías

I-8. Para satisfacer las diversas necesidades del sistema clasificatorio, es preciso dividir la calificación relativa de las fuentes en varias categorías discretas. La cantidad óptima de categorías y los valores limítrofes A/D entre ellas requieren ejercer cierto raciocinio basado en conocimientos profesionales especializados. Se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Si las categorías establecidas fuesen demasiado pocas, podría suceder que más adelante se divudiesen las categorías para atender necesidades nacionales o de otra índole, con lo que perdería transparencia el sistema de clasificación y se menoscabaría la armonización internacional, con la consiguiente posibilidad de que se aplicaran enfoques incoherentes a cuestiones similares.
- Si las categorías establecidas fuesen demasiadas, se podría alcanzar un grado de precisión innecesario que resultase difícil de justificar. Además, el tener demasiadas categorías podría causar problemas al aplicar el sistema de clasificación y desalentar su utilización.

Límites de las categorías basados en los radionucleidos y la actividad

I-9. Las fuentes con una actividad mayor que D pueden causar graves efectos deterministas. Se consideró, pues, que la proporción $A/D = 1$ de la actividad era un valor limítrofe de categoría lógico, que daba lugar a dos categorías. Ahora

bien, para que el sistema clasificatorio acogiera los múltiples y diferentes usos, era evidente que tenía que haber más de dos categorías.

I-10. Al elaborar los valores D , se reconoció que la actividad de una fuente diez veces mayor que D podría dar lugar a una exposición que pusiera en peligro la vida en un tiempo relativamente breve [I-10]. De ahí el que se estableciera unos valores limítrofes de categorías en $A/D = 10$, mas con ello se dejaron algunas fuentes de actividad elevadísima (por ejemplo, los generadores termoeléctricos de radioisótopos) en la misma categoría que fuentes con una actividad considerablemente menor (por ejemplo, las fuentes de braquiterapia de elevada tasa de dosis). Se decidió, pues, recurrir a la experiencia práctica, el buen juicio profesional y las enseñanzas extraídas de los accidentes radiológicos para separar esas prácticas, lo cual dio lugar a otro valor límite en $A/D = 1\ 000$.

I-11. Como había una amplia variedad de prácticas y fuentes con actividad por debajo de $A/D = 1$, se necesitaba otro valor límite de categorías. Una vez más, se recurrió a la experiencia práctica, el buen juicio profesional y las enseñanzas extraídas de los accidentes radiológicos para extraer un valor límite en $A/D = 0,01$, con una línea divisoria inferior para esta categoría, fijada en la actividad de un radionucleido al que se considera 'eximido' del control regulador. Los niveles de exención específicos de cada radionucleido figuran en la Lista I de las NBS [I-11].

I-12. Tomando en cuenta todos los factores mencionados se llegó a un sistema de cinco categorías, como puede verse en el apéndice I. Luego se perfeccionó la atribución de las fuentes a las categorías tomando en consideración, cuando procedía, factores distintos de su actividad A .

Perfeccionamiento del sistema de clasificación

I-13. Se recurrió a la experiencia y al raciocinio para revisar la clasificación de cada práctica o fuente. Los resultados indicaron que, si bien las proporciones A/D constituían una base sólida y lógica para la clasificación en categorías, también pueden ser pertinentes otros factores de riesgo. Se revisó, pues, la clasificación de cada tipo de fuente y la práctica en que se utilizaba tomando en cuenta factores como la índole del trabajo, la movilidad de la fuente, la experiencia de los accidentes comunicados y las actividades típicas y singulares dentro de una aplicación. Por ejemplo, algunos generadores termoeléctricos de radioisótopos de baja actividad podrían corresponder a la categoría 2 si sólo se tomase en cuenta la actividad. A pesar de ello, se

asignaron todos los generadores termoeléctricos de radioisótopos a la categoría 1, porque es probable que se utilicen en localidades remotas, sin supervisión, y pueden contener grandes cantidades de plutonio o de estroncio. De modo similar, aunque algunas fuentes de Yb 169 que se utilizan en radiografía industrial corresponden a la categoría 3 en virtud únicamente de su actividad, se clasificó la práctica en la categoría 2 habida cuenta del número relativamente grande de exposiciones accidentales a radiación que se han producido con fuentes de radiografía industrial. La clasificación definitiva de algunas de las aplicaciones más comunes se recoge en el cuadro 1 de la sección 2, y en las columnas VIII y IX del cuadro 2 del apéndice I figura una comparación de las categorías basadas únicamente en la proporción A/D con aquellas a las que en definitiva se asignaron las prácticas.

I-14. No se consideró conveniente que una práctica determinada abarcara dos categorías, siempre que fuese posible evitarlo. Sin embargo, en algunos casos fue necesario dividir de ese modo una práctica genérica por la gran variedad de actividades que le correspondían (por ejemplo, se dividió la braquiterapia en fuentes de elevada tasa de dosis, baja tasa de dosis e implantes permanentes). En otros casos, por ejemplo en lo que respecta a las fuentes de calibración, no resultó posible asignar las fuentes a una sola categoría porque su actividad puede oscilar entre una actividad baja y más de 100 TBq. En tales situaciones, las autoridades nacionales pueden decidir la clasificación caso por caso calculando la proporción A/D y tomando luego en cuenta otros factores, según proceda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL ANEXO I

- [I-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sobreexposición accidental de pacientes de radioterapia en San José (Costa Rica), OIEA, Viena (2000).
- [I-2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Investigation of the Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, OIEA, Viena (2001).
- [I-3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series N° 17, OIEA, Viena (2000).
- [I-4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Methods to Identify and Locate Spent Radiation Sources, IAEA-TECDOC-804, OIEA, Viena (1995).

- [I-5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, Safety Series N° 102, OIEA, Viena (1990).
- [I-6] COMISIÓN REGULADORA NUCLEAR DE LOS ESTADOS UNIDOS, Sealed Source and Device Registry, <http://www.hsrdo.ornl.gov/nrc/sources/index.cfm>.
- [I-7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA INTERNATIONAL, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 1996 (enmendado en 2003), Colección Normas de Seguridad del OIEA N° TS-R-1, OIEA, Viena (2003).
- [I-8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-1.1, Appendix I, OIEA, Viena (2002).
- [I-9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency: Updating IAEA-TECDOC-953, EPR-Method 2003, OIEA, Viena (2003).
- [I-10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-2, OIEA, Viena (2002).
- [I-11] 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).

Anexo II

EL VALOR D

II-1. En este anexo se explica el concepto de ‘fuente peligrosa’ y los orígenes del valor D que se ha utilizado para elaborar el sistema de clasificación. Es sólo un breve resumen y habrá que consultar las referencias bibliográficas [II-1, II-2] si se desea una explicación más pormenorizada.

II-2. Una fuente peligrosa es aquella que, de no estar bajo control, podría dar lugar a una exposición suficiente para causar graves efectos deterministas. Un efecto determinista es un efecto de la radiación sobre la salud respecto de la cual por lo general existe un nivel de dosis umbral por encima del cual la gravedad del efecto es mayor para una dosis más grande. Se dice que ese efecto es un efecto determinista grave si es fatal o pone en peligro la vida o da lugar a una lesión permanente que reduce la calidad de vida.

II-3. Se ha convertido el concepto de fuente peligrosa en parámetros operacionales calculando la cantidad de materiales radiactivos que podrían ocasionar graves efectos deterministas en determinadas situaciones hipotéticas de exposición y determinados criterios de dosis [II-1]. Además de las situaciones de accidentes típicos, esas situaciones hipotéticas abarcan situaciones de dispersión que pueden deberse a actos dolosos. Se plantearon las siguientes situaciones hipotéticas de exposición (y sus vías):

- Una fuente no blindada llevada en la mano durante una hora o en el bolsillo durante 10 horas, o que esté en una habitación un período de días a semanas (el valor D_1);
- La dispersión de una fuente, por ejemplo por un incendio, una explosión o una intervención humana, que da lugar a una exposición ocasionada por inhalación, ingestión y/o contaminación de la piel (el valor D_2).

No se tuvo en cuenta la ingestión de alimentos contaminados deliberadamente con materiales radioactivos. A los efectos de la clasificación, se utilizó como valor D el valor inferior de D_1 y de D_2 de la Ref. [II-1] (véase el cuadro II-2).

II-4. La derivación de los valores peligrosos de las fuentes guarda relación con los siguientes criterios relativos a las dosis (véase el cuadro II-1):

- 1) *Una dosis de 1 Gy en la médula ósea o de 6 Gy en el pulmón de radiación mediante transferencia lineal de energía baja (LET baja) recibida por el órgano en 2 d. Éstos son los niveles de actuación en dosis del cuadro IV-I de la Lista IV de las NBS en las que siempre se justifica una intervención para prevenir fallecimientos tempranos [II-3–II-5]. Debe señalarse que se trata de criterios limitadores asociados a las tasas de dosis menores que se considera que ponen en peligro la vida [II-1].*
- 2) *Una dosis de 25 Gy en el pulmón recibida por exposición por inhalación mediante radiación LET alta en 1 a. Es el nivel de dosis en el que es probable que se produzcan fallecimientos en un plazo de 1,5 a por neumonitis por radiación y fibrosis pulmonar [II-6].*
- 3) *Una dosis de 5 Gy en la tiroides recibida por el órgano en 2 d. Es el nivel de actuación en dosis del cuadro IV-I de la Lista IV de las NBS en que siempre se justifica la intervención para prevenir el hipotiroidismo. Se supone que el hipotiroidismo reduce la calidad de vida.*
- 4) *Para una fuente en contacto con un tejido, una dosis de más de 25 Gy a una profundidad de: a) 2 cm en la mayoría de las partes del cuerpo (por ejemplo, de una fuente situada en un bolsillo) o b) 1 cm para la mano. 25 Gy es la dosis umbral para la necrosis (muerte del tejido) [II-5, II-7]. La experiencia [II-8] indica que la muerte del tejido de muchas partes del cuerpo (por ejemplo, en el muslo) por llevar una fuente en un bolsillo se puede tratar con éxito sin que se reduzca la calidad de vida, siempre que la dosis absorbida en el tejido a una profundidad de unos 2 cm de una fuente se mantenga por debajo de 25 Gy. En cambio, si se trata de una fuente llevada en la mano, la dosis absorbida en el tejido a una profundidad de aproximadamente 1 cm debe mantenerse por debajo de 25 Gy para que no se produzca una lesión que reduzca la calidad de vida.*
- 5) *Para una fuente que se considera demasiado grande para llevarla encima, una dosis de 1 Gy en la médula en 100 h de una fuente situada a una distancia de 1 m.*

CUADRO II-1. DOSIS DE REFERENCIA PARA LOS VALORES *D*

Tejido	Criterios de dosis
Médula	1 Gy en 2 d
Pulmón	6 Gy en 2 d de radiación LET baja 25 Gy en 1 a de radiación LET alta
Tiroides	5 Gy en 2 d
Piel/tejido (contacto)	25 Gy a una profundidad de 2 cm en la mayoría de las partes del cuerpo (por ejemplo, de una fuente situada en un bolsillo) o 1 cm para la mano, durante un período de 10 h
Médula	1 Gy en 100 h para una fuente demasiado grande para llevarla encima

CUADRO II-2. ACTIVIDAD^a CORRESPONDIENTE A UNA FUENTE PELIGROSA (VALOR *D^b*), DETERMINADOS RADIONUCLEIDOS SELECCIONADOS Y SUS MÚLTIPLES

Radionucleido	1 000 × <i>D</i>		10 × <i>D</i>		<i>D</i>		0,01 × <i>D</i>	
	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c
Am 241	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01	6,E-02	2,E+00	6,E-04	2,E-02
Am 241/Be	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01	6,E-02	2,E+00	6,E-04	2,E-02
Au 198	2,E+02	5,E+03	2,E+00	5,E+01	2,E-01	5,E+00	2,E-03	5,E-02
Cd 109	2,E+04	5,E+05	2,E+02	5,E+03	2,E+01	5,E+02	2,E-01	5,E+00
Cf 252	2,E+01	5,E+02	2,E-01	5,E-00	2,E-02	5,E-01	2,E-04	5,E-03
Cm 244	5,E+01	1,E+03	5,E-01	1,E+01	5,E-02	1,E+00	5,E-04	1,E-02
Co 57	7,E+02	2,E+04	7,E+00	2,E+02	7,E-01	2,E+01	7,E-03	2,E-01
Co 60	3,E+01	8,E+02	3,E-01	8,E+00	3,E-02	8,E-01	3,E-04	8,E-03
Cs 137	1,E+02	3,E+03	1,E+00	3,E+01	1,E-01	3,E+00	1,E-03	3,E-02
Fe 55	8,E+05	2,E+07	8,E+03	2,E+05	8,E+02	2,E+04	8,E+00	2,E+02
Gd 153	1,E+03	3,E+04	1,E+01	3,E+02	1,E+00	3,E+01	1,E-02	3,E-01
Ge 68	7,E+01	2,E+03	7,E-01	2,E+01	7,E-02	2,E+00	7,E-04	2,E-02
H 3	2,E+06	5,E+07	2,E+04	5,E+05	2,E+03	5,E+04	2,E+01	5,E+02
I 125	2,E+02	5,E+03	2,E+00	5,E+01	2,E-01	5,E+00	2,E-03	5,E-02
I 131	2,E+02	5,E+03	2,E+00	5,E+01	2,E-01	5,E+00	2,E-03	5,E-02
Ir 192	8,E+01	2,E+03	8,E-01	2,E+01	8,E-02	2,E+00	8,E-04	2,E-02
Kr 85	3,E+04	8,E+05	3,E+02	8,E+03	3,E+01	8,E+02	3,E-01	8,E+00

CUADRO II-2. ACTIVIDAD^a CORRESPONDIENTE A UNA FUENTE PELIGROSA (VALOR D^b), DETERMINADOS RADIONUCLEIDOS SELECCIONADOS Y SUS MÚLTIPLES (cont.)

Radionucleido	$1\ 000 \times D$		$10 \times D$		D		$0,01 \times D$	
	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c	TBq	Ci ^c
Mo 99	3,E+02	8,E+03	3,E+00	8,E+01	3,E-01	8,E+00	3,E-03	8,E-02
Ni 63	6,E+04	2,E+06	6,E+02	2,E+04	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01
P 32	1,E+04	3,E+05	1,E+02	3,E+03	1,E+01	3,E+02	1,E-01	3,E+00
Pd 103	9,E+04	2,E+06	9,E+02	2,E+04	9,E+01	2,E+03	9,E-01	2,E+01
Pm 147	4,E+04	1,E+06	4,E+02	1,E+04	4,E+01	1,E+03	4,E-01	1,E+01
Po 210	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01	6,E-02	2,E+00	6,E-04	2,E-02
Pu 238	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01	6,E-02	2,E+00	6,E-04	2,E-02
Pu 239 ^d /Be	6,E+01	2,E+03	6,E-01	2,E+01	6,E-02	2,E+00	6,E-04	2,E-02
Ra 226	4,E+01	1,E+03	4,E-01	1,E+01	4,E-02	1,E+00	4,E-04	1,E-02
Ru 106 (Rh 106)	3,E+02	8,E+03	3,E+00	8,E+01	3,E-01	8,E+00	3,E-03	8,E-02
Se 75	2,E+02	5,E+03	2,E+00	5,E+01	2,E-01	5,E+00	2,E-03	5,E-02
Sr 90 (Y 90)	1,E+03	3,E+04	1,E+01	3,E+02	1,E+00	3,E+01	1,E-02	3,E-01
Tc 99 ^m	7,E+02	2,E+04	7,E+00	2,E+02	7,E-01	2,E+01	7,E-03	2,E-01
Tl 204	2,E+04	5,E+05	2,E+02	5,E+03	2,E+01	5,E+02	2,E-01	5,E+00
Tm 170	2,E+04	5,E+05	2,E+02	5,E+03	2,E+01	5,E+02	2,E-01	5,E+00
Yb 169	3,E+02	8,E+03	3,E+00	8,E+01	3,E-01	8,E+00	3,E-03	8,E-02

^a Como el cuadro II-2 no muestra qué criterios relativos a las dosis se utilizaron, no se deberían usar estos valores D a la inversa para obtener las dosis posibles debidas a fuentes de actividad conocida.

^b En la Ref. [II-1] se pormenoriza exhaustivamente la derivación de los valores D y de los valores D de otros radionucleidos.

^c Los valores principales que se deben usar figuran en TBq. Se dan los valores en curios por su utilidad práctica y se redondean después de haberlos convertido.

^d Para los grandes múltiplos de D habrá que tener en cuenta diversas cuestiones atinentes a la criticalidad y las salvaguardias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL ANEXO II

- [II-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency: Updating IAEA-TECDOC-953, EPR-Method 2003, OIEA, Viena (2003).
- [II-2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad, N° GS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [II-3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [II-4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Criterios de intervención en caso de emergencia nuclear o radiológica, Colección Seguridad N° 109, OIEA, Viena (1996).
- [II-5] COMISIÓN REGULADORA NUCLEAR DE LOS ESTADOS UNIDOS, Health Effects Models for Nuclear Power Plant Accidents Consequence Analysis, Rep. NUREG/CR-4214, USNRC, Washington, DC (1989).
- [II-6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Relative Biological Effectiveness for Deterministic Effects, Publicación 58, Pergamon Press, Oxford (1989).
- [II-7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección Informes de Seguridad, N° 2, OIEA, Viena (1998).
- [II-8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Lilo, OIEA, Viena (2000).

GLOSARIO

accidente. Todo suceso involuntario, incluidos los errores de operación, fallos de equipo u otros contratiempos, cuyas consecuencias reales o potenciales no sean despreciables desde el punto de vista de la protección o seguridad tecnológica.

efecto determinista. Efecto de la radiación en la salud para el que existe por lo general un nivel umbral de dosis por encima del cual la gravedad del efecto aumenta al elevarse la dosis. Tal efecto se describe como ‘efecto determinista grave’ cuando causa o puede causar la muerte o cuando produce una lesión permanente que merma la calidad de vida.

fuelle huérfana. Fuente radiactiva que no está sometida a control reglamentario, sea porque nunca lo ha estado, sea porque ha sido abandonada, perdida, extraviada, robada o transferida sin la debida autorización.

fuelle peligrosa. Fuente que, si no estuviera bajo control, podría dar lugar a una exposición suficiente para causar efectos deterministas graves. Esta clasificación se emplea para determinar la necesidad de medidas de respuesta a emergencias y no debe confundirse con la clasificación de las fuentes con otros fines.

fuelle sellada. Material radiactivo que está: a) permanentemente sellado en una cápsula, o b) fuertemente consolidado y en forma sólida.

inscripción en registro. Forma de autorización de prácticas de riesgo bajo o moderado en virtud de la cual la persona jurídica responsable de la práctica, si procede, ha efectuado una evaluación de la seguridad tecnológica de las instalaciones y el equipo y la ha presentado al órgano regulador. La práctica o el uso se autoriza con las condiciones o limitaciones que correspondan. Los requisitos de evaluación de la seguridad tecnológica y las condiciones o limitaciones aplicadas a la práctica deberían ser menos rigurosos que para la concesión de licencia.

licencia. Documento jurídico que expide el órgano regulador por el cual se concede la autorización para realizar determinadas actividades relacionadas con una instalación o actividad.

notificación. Documento que una persona jurídica presenta a un órgano regulador con objeto de comunicarle su intención de llevar a cabo una práctica o emplear una fuente de alguna otra forma.

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.

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

seguridad física de las fuentes radiactivas. Medidas encaminadas a prevenir el acceso no autorizado o el daño a fuentes radiactivas, y la pérdida, robo o traslado no autorizado de esas fuentes.

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Cesarek, J.	Administración Eslovena de Seguridad Nuclear (Eslovenia)
Cool, D.A.	Comisión Reguladora Nuclear Estados Unidos de América)
Cox, C.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Czarwinski, R.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Dodd, B.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Eckerman, K.	Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos de América)
Englefield, C.	Agencia de Medio Ambiente (Reino Unido)
Gaur, P.K.	Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas (India)
Gayral, J.-P.	Comisariado de Energía Atómica (Francia)
Grof, Y.	Centro de Investigaciones Nucleares de Soreq (Israel)
Holubiev, V.	Comité Estatal de Reglamentación Nuclear de Ucrania (Ucrania)
Jammal, R.	Comisión Canadiense de Seguridad Nuclear (Canadá)
Klinger, J.	Departamento de Seguridad Nuclear de Illinois (Estados Unidos de América)
Levin, V.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Mason, G.C.	Organismo Internacional de Energía Atómica
McBurney, R.	Departamento de Salud de Texas (Estados Unidos de América)
McKenna, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Paperiello, C.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Rozlivka, Z.	Oficina Estatal de Seguridad Nuclear (República Checa)
Sabri, A.	Misión Permanente del Iraq ante el OIEA
Svahn, B.	Autoridad Sueca de Protección Radiológica (Suecia)
Uslu, I.	Organismo Turco de Energía Atómica (Turquía)
Wheatley, J.S.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Wohni, T.	Autoridad Noruega de Protección Radiológica (Noruega)
Wrixon, A.D.	Organismo Internacional de Energía Atómica

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Los miembros corresponsales se indican con un asterisco (). Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación, pero, generalmente, no participan en las reuniones.*

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Majer, D.; Argentina: Oliveira, A.; Australia: Loy, J.; Brasil: Souza de Assis, A.; Canadá: Pereira, J.K.; China: Li, G.; Corea, República de: Eun, Y.-S.; Dinamarca: Ulbak, K.; Egipto: Abdel-Hamid, S.B.; España: Azuara, J.A.; Estados Unidos de América: Virgilio, M.; Federación de Rusia: Malyshev, A.B.; Francia: Lacoste, A.-C.; India: Sukhatme, S.P.; Japón: Abe, K.; Pakistán: Hashimi, J.; Reino Unido: Williams, L.G. (Presidente); República Checa: Drabova, D.; Suecia: Holm, L.-E.; Suiza: Schmocker, U.; Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE: Shimomura, K.; Comisión Europea: Waeterloos, C.; Comisión Internacional de Protección Radiológica: Holm, L.-E.; OIEA: Karbassioun, A.

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

*Alemania: Feige, G.; Argentina: Sajaroff, P.; Australia: MacNab, D.; *Belarús: Sudakou, I.; Bélgica: Govaerts, P.; Brasil: Salati de Almeida, I.P.; Bulgaria: Gantchev, T.; Canadá: Hawley, P.; China: Wang, J.; Corea, República de: Lee, J.-I.; *Egipto: Hassib, G.; España: Mellado, I.; Estados Unidos de América: Mayfield, M.E.; Federación de Rusia: Baklushin, R.P.; Finlandia: Reiman, L. (Presidente); Francia: Saint Raymond, P.; Hungría: Vöröss, L.; India: Kushwaha, H.S.; Irlanda: Hone, C.; Israel: Hirshfeld, H.; Japón: Yamamoto, T.; Lituania: Demcenko, M.; *México: Delgado Guardado, J.L.; Países Bajos: de Munk, P.; *Pakistán: Hashimi, J.A.; *Perú: Ramírez Quijada, R.; Reino Unido: Hall, A.; República Checa: Böhm, K.; Sudáfrica: Bester, P.J.; Suecia: Jende, E.; Suiza: Aeberli, W.; *Tailandia: Tanipanichskul, P.; Turquía: Alten, S.; Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE: Hrehor, M.; Comisión Europea: Schwartz, J.-C.; OIEA: Bevington, L. (Coordinador); Organización Internacional de Normalización: Nigon, J.L.*

Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

Alemania: Landfermann, H.; *Argentina:* Rojkind, R.H.A.; *Australia:* Melbourne, A.; **Belarús:* Rydlewski, L.; *Bélgica:* Smeesters, P.; *Brasil:* Amaral, E.; *Canadá:* Bundy, K.; *China:* Yang, H.; *Corea, República de:* Kim, C.W.; *Cuba:* Betancourt Hernández, A.; *Dinamarca:* Ulbak, K.; **Egipto:* Hanna, M.; *Eslovaquia:* Jurina, V.; *España:* Amor, I.; *Estados Unidos de América:* Paperiello, C.; *Federación de Rusia:* Kutkov, V.; *Finlandia:* Markkanen, M.; *Francia:* Piechowski, J.; *Hungría:* Koblinger, L.; *India:* Sharma, D.N.; *Irlanda:* Colgan, T.; *Israel:* Laichter, Y.; *Italia:* Sgrilli, E.; *Japón:* Yamaguchi, J.; **Madagascar:* Andriambololona, R.; **México:* Delgado Guardado, J.L.; *Noruega:* Saxebol, G.; **Países Bajos:* Zuur, C.; **Perú:* Medina Gironzini, E.; *Polonia:* Merta, A.; *Reino Unido:* Robinson, I. (Presidente); *República Checa:* Drabova, D.; *Sudáfrica:* Olivier, J.H.I.; *Suecia:* Hofvander, P.; Moberg, L.; *Suiza:* Pfeiffer, H.J.; **Tailandia:* Pongpat, P.; *Turquía:* Uslu, I.; *Ucrania:* Likhtarev, I.A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Lazo, T.; *Comisión Europea:* Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas:* Gentner, N.; *International Labour Office:* Niu, S.; *International Radiation Protection Association:* Webb, G.; *OIEA:* Boal, T. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización:* Perrin, M.; *Organización Mundial de la Salud:* Carr, Z.; *Pan American Health Organization:* Jiménez, P.

Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

Alemania: Rein, H.; *Argentina:* López Vietri, J.; *Australia:* Colgan, P.; **Belarús:* Zaitsev, S.; *Bélgica:* Cottens, E.; *Brasil:* Mezrahi, A.; *Bulgaria:* Bakalova, A.; *Canadá:* Viglasky, T.; *Corea, República de:* Kwon, S.-G.; *China:* Pu, Y.; **Dinamarca:* Hannibal, L.; *Egipto:* El-Shinawy, R.M.K.; *España:* Zamora Martín, F.; *Estados Unidos de América:* Brach, W.E.; McGuire, R.; *Federación de Rusia:* Ershov, V.N.; *Francia:* Aguilar, J.; *Hungría:* Sáfár, J.; *India:* Nandakumar, A.N.; *Irlanda:* Duffy, J.; *Israel:* Koch, J.; *Italia:* Trivelloni, S.; *Japón:* Saito, T.; *Noruega:* Hornkjøl, S.; *Países Bajos:* Van Halem, H.; **Perú:* Regalado Campaña, S.; *Reino Unido:* Young, C.N. (Presidente); *Rumania:* Vieru, G.; *Sudáfrica:* Jutle, K.; *Suecia:* Pettersson, B.G.; *Suiza:* Knecht, B.; **Tailandia:* Jerachanchai, S.; *Turquía:* Köksal, M.E.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional:* Abouchaar, J.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa:* Kervella, O.; *Comisión Europea:* Rossi, L.; *Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas:* Tisdall, A.; *Instituto*

Mundial de Transporte Nuclear: Lesage, M.; *OIEA*: Wangler, M.E. (Coordinador); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Alemania: von Dobschütz, P.; *Argentina*: Siraky, G.; *Australia*: Williams, G.; **Belarús*: Rozdialovskaya, L.; *Bélgica*: Baekelandt, L. (Presidente); *Brasil*: Xavier, A.; **Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Ferch, R.; *China*: Fan, Z.; *Corea, República de*: Song, W.; *Cuba*: Benitez, J.; **Dinamarca*: Øhlenschlaeger, M.; **Egipto*: Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; *Eslovaquia*: Konecny, L.; *España*: López de la Higuera, J.; Ruiz López, C.; *Estados Unidos de América*: Greeves, J.; Wallo, A.; *Federación de Rusia*: Poluektov, P.P.; *Finlandia*: Ruokola, E.; *Francia*: Averous, J.; *Hungría*: Czoch, I.; *India*: Raj, K.; *Irlanda*: Pollard, D.; *Israel*: Avraham, D.; *Italia*: Dionisi, M.; *Japón*: Irie, K.; **Madagascar*: Andriambololona, R.; *México*: Aguirre Gómez, J.; Delgado Guardado, J.; **Noruega*: Sorlie, A.; *Países Bajos*: Selling, H.; *Pakistán*: Hussain, M.; **Perú*: Gutiérrez, M.; *Reino Unido*: Wilson, C.; *Sudáfrica*: Pather, T.; *Suecia*: Wingefors, S.; *Suiza*: Zurkinden, A.; **Tailandia*: Wangcharoenroong, B.; *Turquía*: Osmanlioglu, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Comisión Europea*: Taylor, D.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Valentin, J.; *OIEA*: Hioki, K. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.

Seguridad mediante las normas internacionales

“Las normas del OIEA se han convertido en un elemento clave del régimen mundial de seguridad destinado a facilitar los usos beneficiosos de las tecnologías nucleares o relacionadas con las radiaciones.

Las normas de seguridad del OIEA se están aplicando en la producción de energía nucleoelectrica, así como en la medicina, la industria, la agricultura, las investigaciones y la educación para asegurar la protección adecuada de las personas y el medio ambiente.”

Mohamed ElBaradei
Director General del OIEA

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATOMICA
VIENA

ISBN 978-92-0-301409-0

ISSN 1020-5837