

# Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

## Criterios aplicables a la preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica

Patrocinada conjuntamente por  
la FAO, el OIEA, la OIT, la OMS y la OPS



IAEA

WHO

## Guía de seguridad

## Nº GSG-2



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

# NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

## NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

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

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

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

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

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

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

## PUBLICACIONES CONEXAS

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

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

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

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA**.

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

**CRITERIOS APLICABLES  
A LA PREPARACIÓN Y RESPUESTA  
A SITUACIONES DE  
EMERGENCIA NUCLEAR  
O RADIOLÓGICA**

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

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

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° GSG-2

CRITERIOS APLICABLES  
A LA PREPARACIÓN Y RESPUESTA  
A SITUACIONES DE  
EMERGENCIA NUCLEAR  
O RADIOLÓGICA

GUÍA DE SEGURIDAD GENERAL

PATROCINADA CONJUNTAMENTE POR LA OFICINA INTERNACIONAL  
DEL TRABAJO, EL ORGANISMO INTERNACIONAL  
DE ENERGÍA ATÓMICA, LA ORGANIZACIÓN  
DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN  
Y LA AGRICULTURA, LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD  
Y LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2013

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

© OIEA, 2013

Impreso por el OIEA en Austria  
Mayo de 2013

### **CRITERIOS APLICABLES A LA PREPARACIÓN Y RESPUESTA A SITUACIONES DE EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA**

OIEA, VIENA, 2013  
STI/PUB/1467  
ISBN 978-92-0-336310-5  
ISSN 1020-5837

# **PRÓLOGO**

**de Yukiya Amano**  
**Director General**

El OIEA está autorizado por su Estatuto a “establecer o adoptar [...] 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 los Estados pueden aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica. A esos efectos, el OIEA consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados pertinentes. Un amplio conjunto de normas de alta calidad revisadas periódicamente es un elemento clave de un régimen de seguridad mundial estable y sostenible, como también lo es la asistencia del OIEA en la aplicación de esas normas.

El OIEA inició su programa de normas de seguridad en 1958. El énfasis puesto en su calidad, idoneidad y mejora continua ha redundado en el uso generalizado de las normas del OIEA en todo el mundo. La Colección de Normas de Seguridad incluye ahora Principios fundamentales de seguridad unificados, que representan un consenso internacional acerca de lo que debe constituir un alto grado de protección y seguridad. Con el firme apoyo de la Comisión sobre Normas de Seguridad, el OIEA se esfuerza por promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas.

Las normas solo son eficaces si se aplican adecuadamente en la práctica. Los servicios de seguridad del OIEA abarcan el diseño, la selección de emplazamientos y la seguridad técnica, la seguridad operacional, la seguridad radiológica, la seguridad en el transporte de materiales radiactivos y la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos, así como la organización a nivel gubernamental, las cuestiones relacionadas con reglamentación y la cultura de la seguridad en las organizaciones. Estos servicios de seguridad prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y posibilitan el intercambio de experiencias y conocimientos valiosos.

La reglamentación de la seguridad es una responsabilidad nacional, y muchos Estados han decidido adoptar las normas del OIEA para incorporarlas en sus reglamentos nacionales. Para las partes en las diversas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el cumplimiento eficaz de las obligaciones emanadas de esas convenciones. Los órganos reguladores y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad en la generación de energía nucleoelectrónica y en los usos de la energía nuclear en la medicina, la industria, la agricultura y la investigación.

La seguridad no es un fin en sí misma, sino un requisito indispensable para la protección de las personas en todos los Estados y del medio ambiente, en la actualidad y en el futuro. Los riesgos relacionados con la radiación ionizante deben evaluarse y controlarse sin restringir indebidamente la contribución de la energía nuclear al desarrollo equitativo y sostenible. Los Gobiernos, órganos reguladores y explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines benéficos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.



## **DESCARGO DE RESPONSABILIDAD**

Las normas de seguridad del OIEA son reflejo del consenso internacional alcanzado sobre lo que constituye un alto nivel de seguridad para proteger a las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante. En el proceso de elaboración, examen y establecimiento de las normas del OIEA participan la Secretaría del OIEA y todos los Estados Miembros, muchos de los cuales están representados en los cuatro comités de normas de seguridad del OIEA y en la Comisión sobre Normas de Seguridad del OIEA.

Las normas del OIEA, como elemento clave del régimen mundial de seguridad, se mantienen bajo un examen periódico de la Secretaría, los comités de normas de seguridad y la Comisión sobre Normas de Seguridad. La Secretaría recopila información sobre la experiencia adquirida en la aplicación de las normas del OIEA y la información obtenida del seguimiento de los sucesos a los efectos de asegurar que las normas sigan atendiendo a las necesidades de los usuarios. La presente publicación recoge la información y las experiencias acumuladas hasta 2010 y ha sido objeto del más riguroso proceso de examen de las normas.

El accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi en el Japón causado por el devastador terremoto y tsunami del 11 de marzo de 2011 y las consecuencias de la emergencia para las personas y el medio ambiente tienen que investigarse exhaustivamente. Ya son objeto de estudio en el Japón, en el OIEA y en otros lugares. Las enseñanzas que se habrán de deducir para la seguridad nuclear y la protección radiológica, así como para la preparación y respuesta en caso de emergencia, quedarán recogidas en las normas de seguridad del OIEA a medida que se revisen y se vayan publicando en el futuro.

## PREFACIO

En marzo de 2002 la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó una publicación de Requisitos de seguridad: Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica (Colección de Normas de Seguridad del OIEA, N° GS-R-2), copatrocinada por siete organizaciones internacionales, en que se establecen los requisitos para lograr un nivel adecuado de preparación y respuesta en caso de emergencia nuclear o radiológica en un Estado. La Conferencia General del OIEA, en su resolución GC(46)/RES/9, alentó a los Estados Miembros a “aplicar instrumentos para mejorar sus propias capacidades de preparación y respuesta a incidentes y accidentes nucleares y radiológicos, si fuera necesario, incluidas sus disposiciones para responder a actos relacionados con la utilización con fines dolosos de materiales nucleares o materiales radiactivos y a las amenazas de tales actos”, y les alentó además a “aplicar los Requisitos de seguridad sobre preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica”.

La Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares (“la Convención sobre la pronta notificación”) y la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica (“la Convención sobre asistencia”) (Colección Jurídica del OIEA, N° 14), aprobadas en 1986, imponen obligaciones específicas a las Partes y el OIEA. En virtud del artículo 5a ii) de la Convención sobre asistencia, una función del OIEA es acopiar y difundir entre los Estados Partes y los Estados Miembros información acerca de las metodologías, las técnicas y los resultados de investigación disponibles en materia de respuesta a accidentes nucleares o emergencias radiológicas.

La presente guía de seguridad tiene la finalidad de ayudar a los Estados Miembros a aplicar las disposiciones de la publicación de Requisitos de seguridad: Preparación y respuesta en situaciones de emergencia nuclear o radiológica (Colección de Normas de Seguridad del OIEA, N° GS-R-2), y contribuir al cumplimiento de las obligaciones del OIEA estipuladas en la Convención sobre asistencia. En ella se formulan criterios genéricos respecto de las medidas de protección y otras medidas de respuesta en caso de emergencia nuclear o radiológica, incluso valores numéricos de estos criterios. También se presentan criterios operacionales derivados de determinados criterios genéricos.

La Oficina Internacional del Trabajo (OIT), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) son copatrocinadores de esta guía de seguridad.

## **NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA**

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

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

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

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

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

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

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

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

Con miras a garantizar la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante, las normas de seguridad del OIEA

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

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

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

## **Nociones Fundamentales de Seguridad**

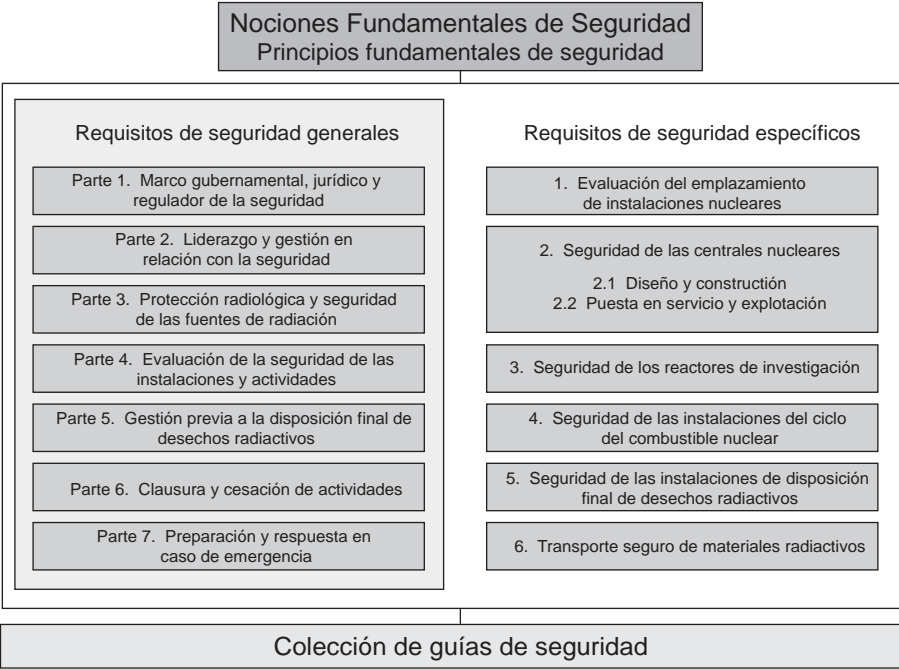
Las Nociones Fundamentales de Seguridad presentan los objetivos y principios fundamentales de protección y seguridad, y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

## **Requisitos de Seguridad**

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

---

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



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

que deben cumplirse. Muchos de los requisitos no se dirigen a una parte en particular, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda.

**Guías de seguridad**

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

**APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA**

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

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

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

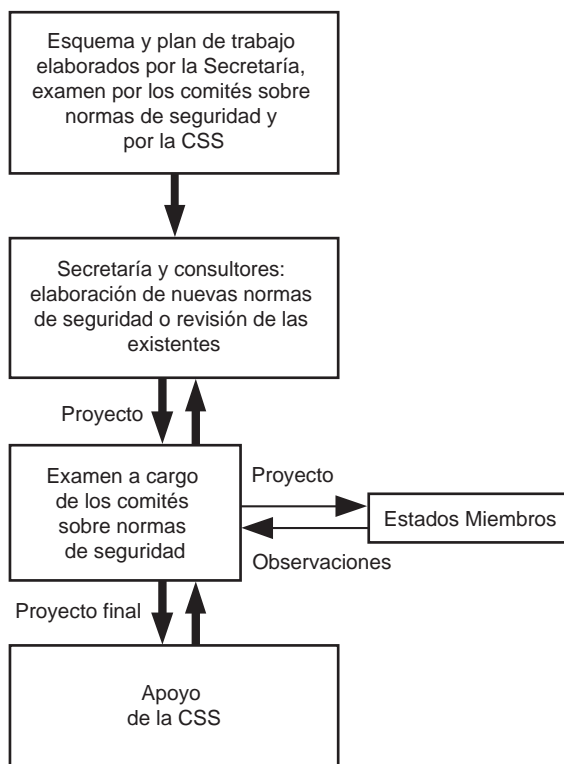
Las normas de seguridad del OIEA también constituyen la base de los servicios de examen de la seguridad que éste brinda; el OIEA recurre a esos servicios en apoyo de la creación de capacidad, incluida la elaboración de planes de enseñanza y la creación de cursos de capacitación.

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

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

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

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



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

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

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

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

## INTERACCIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En la elaboración de las normas de seguridad del OIEA se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos

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

## INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

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

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

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

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



# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
	Antecedentes (1.1–1.5) .....	1
	Objetivo (1.6–1.7) .....	2
	Alcance (1.8–1.15) .....	3
	Estructura (1.16) .....	4
2.	ASPECTOS BÁSICOS (2.1–2.5) .....	4
3.	MARCO APLICABLE A LOS CRITERIOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS .....	5
	Sistema de medidas de protección y otras medidas de respuesta (3.1–3.12) .....	5
	El riesgo importante como base de los criterios operacionales (3.13–3.17) .....	13
	La dosis proyectada como base de los criterios operacionales (3.18–3.25) .....	14
	La dosis recibida como base de los criterios operacionales (3.26–3.34) .....	16
4.	VALORES ORIENTATIVOS PARA LOS TRABAJADORES DE EMERGENCIA (4.1–4.7) .....	19
5.	CRITERIOS OPERACIONALES (5.1–5.13) .....	21
APÉNDICE I:	CONCEPTOS DE DOSIS Y CANTIDADES DOSIMÉTRICAS .....	25
APÉNDICE II:	EJEMPLOS DE NIO POR DEFECTO EN CASOS DE SEDIMENTACIÓN, CONTAMINACIÓN INDIVIDUAL Y CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS, LA LECHE Y EL AGUA .....	31
APÉNDICE III:	ESTABLECIMIENTO DE NAE Y EJEMPLOS DE NAE PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA .....	57

APÉNDICE IV: ELEMENTOS OBSERVABLES EN EL LUGAR DE UNA EMERGENCIA RADIOLÓGICA .....	90
REFERENCIAS .....	93
COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y REVISIÓN .....	97
ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA .....	101

# 1. INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

1.1. De conformidad con el artículo 5a ii) de la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica (“la Convención sobre asistencia”) [1], una función del OIEA es “acopiar y difundir entre los Estados Parte y los Estados Miembros información acerca de... las metodologías, las técnicas y los resultados de investigación disponibles en materia de respuesta a accidentes nucleares o emergencias radiológicas”.

1.2. En marzo de 2002, la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó una publicación de requisitos de seguridad titulada “Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica”, que establece los requisitos para obtener un grado adecuado de preparación y respuesta ante casos de emergencia nuclear o radiológica en cualquier Estado. Esta guía fue copatrocinada por siete organizaciones internacionales y fue publicada como N° GS-R-2 de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA [2].

1.3. Una evaluación rigurosa de las experiencias de los Estados Miembros ha demostrado que se requieren más orientaciones internacionales coherentes sobre la adopción de medidas de protección y otras medidas de respuesta<sup>1</sup>, que se enmarquen en un contexto amplio para los encargados de adoptar decisiones y que puedan explicarse al público. En 2005, el OIEA sacó a la luz una publicación, coauspiciada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [3], en que se presentan valores numéricos para criterios genéricos relacionados con la respuesta a emergencias y se proporciona orientación complementaria. En ella se describen los criterios y se explican las necesidades de perfeccionarlos en función de las enseñanzas extraídas de la experiencia y los conocimientos científicos conexos. El marco propuesto en la referencia [3] se utilizó como punto de partida para la elaboración de directrices internacionales revisadas sobre la preparación y respuesta en caso de emergencia.

1.4. En el principio 9 de los Principios fundamentales de seguridad se estipula que entre las disposiciones para la preparación y respuesta en caso de emergencia

---

<sup>1</sup> Ejemplos de otras medidas de respuesta son el suministro de información pública, el tratamiento médico y la vigilancia de la salud a largo plazo.

se incluyen los “criterios, establecidos por anticipado, para determinar cuándo adoptar las diferentes medidas de protección (referencia [4], párrafo 3.36). En la presente guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre tales criterios.

1.5. Los términos relacionados con la seguridad que se emplean en la presente guía de seguridad deben entenderse en la forma que se definen en el Glosario de Seguridad del OIEA [5].

## OBJETIVO

1.6. Los objetivos principales de la presente guía de seguridad son los siguientes:

- Presentar un conjunto coherente de criterios genéricos (expresados numéricamente en función de la dosis de radiación) que constituya una base para establecer los niveles operacionales necesarios para adoptar decisiones en relación con las medidas de protección y otras medidas de respuesta necesarias para cumplir los objetivos de la respuesta a emergencias. El conjunto de criterios genéricos:
  - Aborda los requisitos de la referencia [2] con respecto a la preparación y respuesta para casos de emergencia;
  - Tiene en cuenta las enseñanzas extraídas de respuestas a emergencias anteriores;
  - Proporciona una base internamente coherente para la aplicación de principios y conocimientos de protección radiológica a una gama concebible de medidas de protección y otras medidas de respuesta, y a condiciones de emergencia.
- Proponer una base para explicar en lenguaje claro los criterios al público y a los funcionarios públicos en que se tengan en cuenta los riesgos para la salud humana de la exposición a la radiación y se establezcan los fundamentos para una respuesta acorde con los riesgos.

1.7. La presente guía de seguridad debería utilizarse conjuntamente con la referencia [2], que complementa. En ella se formulan recomendaciones sobre el cumplimiento de los requisitos de la referencia [2] al proporcionar criterios genéricos, y valores numéricos respecto de estos criterios, para las medidas de protección y otras medidas de respuesta en caso de emergencia nuclear o radiológica. La presente guía de seguridad también incluye criterios operacionales derivados de determinados criterios genéricos y, por tanto, constituye la revisión de la referencia [6].

## ALCANCE

1.8. Las recomendaciones que se presentan en la presente guía de seguridad se refieren a los valores de los criterios genéricos que se requieren para elaborar los criterios operacionales necesarios para aplicar las medidas de protección y otras medidas de respuesta destinadas a proteger a los trabajadores de emergencia y el público en una emergencia nuclear o radiológica.

1.9. También se ofrecen ejemplos de criterios operacionales por defecto para aplicar las medidas de protección y otras medidas de respuesta. El método utilizado para elaborar los criterios operacionales solo se describe en términos generales.<sup>2</sup>

1.10. En esta guía de seguridad se abordan los criterios para comenzar a aplicar las medidas de protección y otras medidas de respuesta y los criterios para apoyar la adopción de decisiones en una situación de emergencia.

1.11. En esta guía de seguridad se excluyen recomendaciones de medidas que podrían requerirse en una situación de exposición existente.

1.12. En esta guía de seguridad no se formulan orientaciones detalladas sobre las disposiciones necesarias para crear y mantener una capacidad efectiva de respuesta a emergencias. Esas orientaciones detalladas se presentan en las referencias [7 a 9].

1.13. En esta guía de seguridad no se pueden tener en cuenta todos los factores específicos del emplazamiento, de carácter local, específicos del Estado o específicos de un tipo determinado de emergencia. Los planificadores de emergencias deberían utilizar siempre con flexibilidad las orientaciones y trabajar con las partes interesadas para adaptar las recomendaciones de modo que se tengan en cuenta los factores locales, sociales, políticos, económicos, ambientales, demográficos y de otra índole.

1.14. Las medidas de protección y otras medidas de respuesta no se basan en aspectos relativos a la protección radiológica únicamente. Los encargados de adoptar decisiones deberían considerar varios factores sociales, económicos, ambientales y psicológicos antes de tomar una decisión definitiva sobre las

---

<sup>2</sup> Se está elaborando un manual para la evaluación de datos de campo en una emergencia nuclear o radiológica.

medidas que se vayan a adoptar en respuesta a una emergencia. No obstante, las recomendaciones sobre criterios genéricos y operacionales que se presentan en esta guía de seguridad se relacionan únicamente con las aportaciones al proceso de adopción de decisiones basadas en los aspectos de protección radiológica.

1.15. Los encargados de adoptar decisiones en una emergencia y el público tal vez tengan solo un conocimiento limitado o nulo de los principios de protección radiológica, de los riesgos asociados a la exposición a la radiación y de las medidas apropiadas que pueden adoptarse para reducir estos riesgos. Por lo tanto, en la presente guía de seguridad se explican en lenguaje claro los criterios operacionales con el fin de ayudar a transmitir el propósito de cada uno de los criterios y las medidas de protección conexas y otras medidas de respuesta.

## ESTRUCTURA

1.16. La presente guía de seguridad consta de cinco secciones. En la sección 2 se examinan los aspectos básicos utilizados para elaborar las recomendaciones. En las secciones 3 y 4 se incluyen recomendaciones sobre los criterios de respuesta a emergencias aplicables a las medidas de protección y otras medidas de respuesta para proteger al público y sobre los valores orientativos para los trabajadores de emergencia, respectivamente. En la sección 5 se analizan los criterios operacionales. En los cuatro apéndices se explican más a fondo y se aclaran las recomendaciones formuladas en el texto principal.

## **2. ASPECTOS BÁSICOS**

2.1. La experiencia ha demostrado fehacientemente que se requiere un sistema de orientaciones refrendado internacionalmente y plenamente integrado para adoptar medidas de protección y otras medidas de respuesta coherentes en una emergencia que garanticen mejor la seguridad del público. Este sistema debería aprovechar las orientaciones internacionales y la experiencia existentes, basarse en el consenso internacional y aplicarse posteriormente a escala nacional. La aplicación de sistemas compatibles a nivel nacional en los diversos Estados posibilitará el cumplimiento de los objetivos de la respuesta a emergencias y contribuirá a establecer un sistema armonizado aplicable a la preparación y respuesta para casos de emergencia en todo el mundo.

2.2. El marco de criterios genéricos para la respuesta a emergencias que se presenta en esta guía de seguridad fue elaborado en el entendimiento de que debería ser sencillo y coherente.

2.3. La presente guía de seguridad se elaboró teniendo debidamente en cuenta las orientaciones internacionales pertinentes en que se presentan recomendaciones para dar respuesta a una emergencia nuclear o radiológica [2, 6, 10 a 15].

2.4. Las recomendaciones que se formulan en la guía de seguridad se orientan a las consecuencias para la salud debidas a la exposición externa y la exposición interna de órganos blanco específicos, para las que se han elaborado criterios genéricos. En relación con las recomendaciones sobre cómo cumplir los requisitos de la referencia [2], se han fijado umbrales para efectos deterministas graves<sup>3</sup> con respecto a la exposición externa y la exposición interna que pueden relacionarse directamente con la amplia gama de radionucleidos importantes.

2.5. Los criterios genéricos se basan en los conocimientos actuales de los efectos deterministas y estocásticos (véase en la referencia [3] la base para los valores numéricos de los criterios relativos a los efectos deterministas y estocásticos).

### **3. MARCO APLICABLE A LOS CRITERIOS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS**

#### **SISTEMA DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA**

3.1. El sistema de medidas de protección y otras medidas de respuesta en una emergencia (véase el cuadro 1) incluye los valores numéricos de los criterios genéricos, así como de los criterios operacionales correspondientes que constituyen la base para la adopción de decisiones en una emergencia.

---

<sup>3</sup> Se considera efecto determinista grave el efecto determinista que causa o puede causar la muerte o una lesión permanente que reduce la calidad de vida [2, 5].

CUADRO 1. SISTEMA DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA EN UNA EMERGENCIA

Tipos de posibles consecuencias para la salud de la exposición	Base para la aplicación de medidas de protección y otras medidas de respuesta	
	Dosis proyectada	Dosis recibida
Efectos deterministas graves <sup>a</sup>	Aplicación de medidas de protección precautorias urgentes, incluso en condiciones desfavorables para prevenir efectos deterministas graves	Otras medidas de respuesta <sup>b</sup> para el tratamiento y gestión de efectos deterministas graves
Aumento de efectos estocásticos	Aplicación de medidas de protección urgentes e iniciación de medidas de protección tempranas <sup>c</sup> para reducir el riesgo de efectos estocásticos en la mayor medida que sea razonablemente posible	Otras medidas de respuesta <sup>d</sup> para la detección temprana y la gestión eficaz de los efectos estocásticos

<sup>a</sup> Los criterios genéricos se establecen en niveles de dosis cercanos a los umbrales fijados para efectos deterministas graves.

<sup>b</sup> Estas medidas incluyen el examen médico, la consulta y el tratamiento inmediatos según lo indicado, el control de la contaminación, la decorporación cuando proceda, el registro del control sanitario a largo plazo, y el asesoramiento psicológico general.

<sup>c</sup> Estas medidas abarcan el realojamiento y la restricción a largo plazo del consumo de alimentos contaminados.

<sup>d</sup> Estas medidas comprenden el examen basado en las dosis individuales recibidas en órganos específicos, y en ellas se tiene en cuenta la necesidad de registrar el seguimiento y asesoramiento médicos para que puedan adoptarse decisiones informadas en circunstancias particulares.

3.2. Los aspectos siguientes constituyen la base de este sistema:

- Durante la planificación y aplicación de las medidas de protección y otras medidas de respuesta en una emergencia deberían tenerse en cuenta los resultados posibles que se indican a continuación:
  - Desarrollo de efectos deterministas graves<sup>4</sup>;
  - Aumento de los efectos estocásticos;
  - Efectos desfavorables en el medio ambiente y la propiedad;
  - Otros efectos desfavorables (por ejemplo, efectos psicológicos, desórdenes sociales, descalabro económico).

<sup>4</sup> Véase el apéndice I.



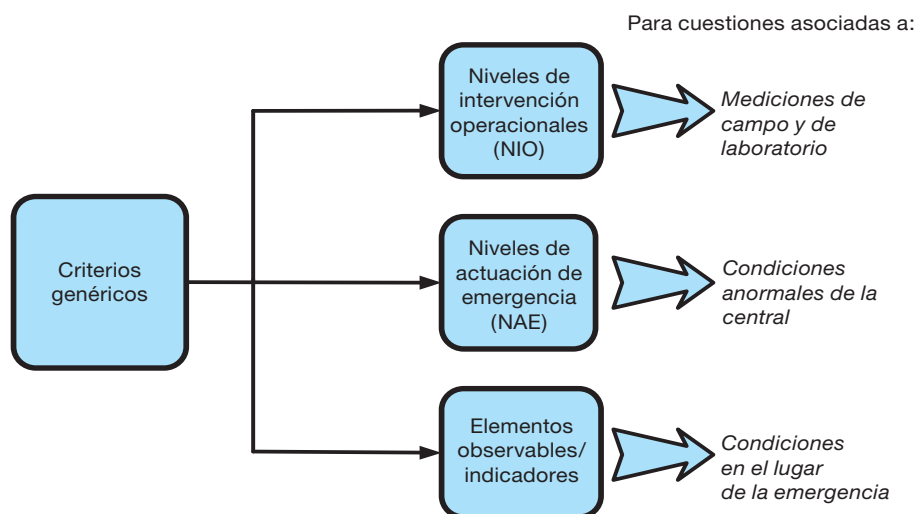
- En la planificación y aplicación de las medidas de protección y otras medidas de respuesta en una emergencia deberían tomarse en consideración los tipos siguientes de exposición:
  - La dosis proyectada que podría prevenirse o reducirse aplicando medidas de protección precautorias urgentes;
  - La dosis recibida, cuyo detrimento podría minimizarse, por ejemplo, aplicando las medidas médicas requeridas, y que podría abordarse creando confianza en el público o prestando asesoramiento.
- Deberían aplicarse medidas de protección precautorias urgentes antes del suceso (sobre la base de un riesgo considerable de una emisión o exposición) en cualesquiera circunstancias, con objeto de prevenir el desarrollo de efectos deterministas graves en caso de niveles de dosis muy altos (los criterios genéricos se presentan en el cuadro 2).
- Si el riesgo de los efectos estocásticos es la preocupación principal y el riesgo del desarrollo de efectos deterministas graves es insignificante, deberían aplicarse medidas de protección urgentes y tempranas y otras medidas de respuesta, justificadas y optimizadas, para reducir el riesgo de los efectos estocásticos (los criterios genéricos se presentan en el cuadro 3).
- Si la dosis excede de un criterio genérico en particular indicado en el cuadro 2 o el cuadro 3, las personas deberían recibir atención médica apropiada, incluso tratamiento médico<sup>5</sup>, control sanitario a largo plazo y asesoramiento psicológico.
- Deberían explicarse con claridad todos los riesgos relacionados con todos los niveles de dosis que pueda originar una situación de exposición de emergencia a los encargados de adoptar decisiones y al público para que puedan adoptar decisiones informadas acerca de las medidas que deberán adoptar.

3.3. En el cuadro 1 se presenta en forma resumida la base para la aplicación de las medidas de protección y otras medidas de respuesta con respecto a distintos tipos de posibles consecuencias para la salud de la exposición. En el apéndice 1 figura un resumen de los conceptos de dosis y las cantidades dosimétricas.

3.4. El sistema de criterios genéricos y criterios operacionales se ilustra en la figura 1. Los criterios genéricos se presentan en función de la dosis que pueda

---

<sup>5</sup> Las medidas médicas deben adoptarse y aplicarse en función de los síntomas médicos y las observaciones. No obstante, la información dosimétrica (por ejemplo, basada en datos de exploración radiológica, mediciones de dosis o cálculos de dosis) puede aportar valiosa información para determinar el tratamiento médico.



*Fig. 1. Sistema de criterios genéricos y criterios operacionales.*

proyectarse o que ya se ha recibido. Los criterios operacionales<sup>6</sup> son valores de cantidades mensurables o de elementos observables que incluyen niveles de intervención operacionales (NIO), niveles de actuación de emergencia (NAE), elementos observables específicos y otros indicadores de las condiciones imperantes en el lugar de la emergencia que deberían utilizarse para adoptar decisiones durante una emergencia. Los criterios operacionales pueden emplearse de inmediato y directamente para determinar la necesidad de medidas de protección y otras medidas de respuesta apropiadas.

3.5. Los criterios genéricos se han establecido en función de la optimización genérica teniendo en cuenta la diversidad de condiciones imperantes en una emergencia. Los criterios genéricos se establecen para las medidas de protección urgentes y las medidas de protección tempranas, así como para otras medidas de respuesta que puedan requerirse en una emergencia. Para que sean eficaces, las medidas de protección urgentes (por ejemplo, la evacuación) deberían adoptarse con prontitud (p.ej., en el curso de unas horas), puesto que la demora merma su eficacia [6]. Las medidas de protección tempranas deberían aplicarse en unos días o semanas para que sean eficaces. Su efecto puede ser duradero, incluso después de la emergencia (p.ej., realojamiento temporal). En ningún caso las medidas de

---

<sup>6</sup> Estos criterios operacionales pueden utilizarse como “elementos iniciales” en la etapa temprana de una emergencia, y en algunas publicaciones se utiliza el término “elemento inicial”.

protección urgentes y las medidas de protección tempranas basadas en los criterios genéricos deberían causar más detrimento que el que evitan. Las condiciones específicas de los sucesos pueden justificar la modificación de los criterios genéricos.

3.6. Los criterios genéricos reemplazan el sistema de niveles de intervención genéricos (NIG) y los niveles de actuación genéricos (NAG) que se han descrito en normas anteriores [6, 10]. Esta utilización de los criterios genéricos satisface la necesidad de establecer un término común para el sistema de valores que se emplee como base para la aplicación de las medidas de protección (p.ej., evacuación o reemplazo de alimentos) y otras medidas de respuesta (p.ej., seguimiento médico).

3.7. Se debería elaborar una estrategia de protección, que comprenda medidas de protección específicas y otras medidas de respuesta. Esa estrategia debería comprender los aspectos siguientes, pero sin limitarse a ellos:

- Deberían establecerse criterios genéricos para la aplicación de medidas de protección precautorias urgentes destinadas a prevenir efectos deterministas graves (véase el cuadro 2).
- Debería fijarse un nivel de referencia, normalmente una dosis efectiva de 20 a 100 mSv, expresada en función de la dosis residual, que incluya contribuciones de dosis por medio de todas las vías de exposición. La estrategia de protección debería optimizarse para reducir las exposiciones inferiores al nivel de referencia.
- Atendiendo a los resultados de la optimización de la estrategia de protección, y utilizando el nivel de referencia, deberían elaborarse criterios genéricos para determinadas medidas de protección y otras medidas de respuesta, expresados en función de la dosis proyectada o la dosis recibida. Si se prevé que se superen los valores numéricos de los criterios genéricos, deberían aplicarse esas medidas, por separado o bien en combinación. En el cuadro 3 se presenta un conjunto de criterios genéricos aplicables en la estrategia de protección que son compatibles con niveles de referencia de 20 a 100 mSv, así como otros detalles para la adopción de medidas específicas en marcos temporales diferentes. La aplicación de las medidas de protección y otras medidas de respuesta señaladas en el cuadro 3 impediría una cantidad de dosis significativa.
- Una vez que se haya optimizado la estrategia de protección y se haya elaborado un conjunto de criterios genéricos, deberían deducirse de los criterios genéricos los elementos iniciales por defecto para comenzar a aplicar las diferentes partes de un plan de respuesta de emergencia,

principalmente para la fase inicial. Los elementos iniciales por defecto, como las condiciones en el lugar de la emergencia, los NIO y los NAE, deberían expresarse en función de los parámetros o las condiciones observables. Deberían establecerse disposiciones por anticipado para revisar estos elementos iniciales, según proceda, en una situación de exposición de emergencia, teniendo en cuenta las condiciones imperantes a medida que evolucionan.

3.8. En el cuadro 2 se presentan los criterios genéricos (expresados en función de la dosis proyectada o recibida) para adoptar medidas de protección urgentes precautorias en cualesquiera circunstancias con el fin de prevenir efectos deterministas graves.

3.9. En el cuadro 3 figura un conjunto de criterios genéricos expresados en función de la dosis proyectada o la dosis recibida. El conjunto de criterios genéricos expresado en función de la dosis proyectada es compatible con niveles de referencia que oscilan entre 20 y 100 mSv. La adopción de medidas de protección en este nivel de dosis permitirá evitar todos los efectos deterministas y reducir los efectos estocásticos a niveles aceptables. Si una medida de protección se aplica con eficacia, podrá evitarse la dosis proyectada en su mayor parte. El concepto de dosis evitada es útil, por tanto, para evaluar la eficacia de las medidas de protección aplicadas por separado o en combinación. El concepto de dosis evitada representa un componente importante del proceso de optimización de los planes de respuesta a emergencias [15]. Para aplicar los criterios genéricos a las medidas de protección por separado deberían optimizarse los planes de respuesta a emergencias.

3.10. El criterio genérico expuesto en el cuadro 3 en relación con el bloqueo de yodo en el tiroides se aplica a las medidas de protección urgentes: a) cuando se trata de una exposición debida al yodo radiactivo, b) antes o poco después de una emisión de yodo radiactivo, y c) solo poco después de la absorción de yodo radiactivo. Para las dosis inferiores podrían aplicarse medidas de protección que creen menos trastornos, como el alojamiento en refugios.

3.11. A falta de orientaciones nacionales, los criterios genéricos que se presentan en los cuadros 2 y 3 podrían utilizarse como base para la elaboración de criterios en los países. Si se elige otro nivel de referencia que no sea 20 a 100 mSv, debería configurarse la escala apropiada de valores de los criterios genéricos que figuran en el cuadro 3 teniendo en cuenta el marco temporal (agudo o anual) del nivel de referencia. En circunstancias excepcionales tal vez sean necesarios criterios genéricos de valores más altos.

CUADRO 2. CRITERIOS GENÉRICOS APLICABLES A DOSIS AGUDAS PARA LAS CUALES SE PREVÉ QUE SE ADOPTEN MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA EN CUALESQUIERA CIRCUNSTANCIAS PARA EVITAR O MINIMIZAR EFECTOS DETERMINISTAS GRAVES

Criterios genéricos		Ejemplos de medidas de protección y otras medidas de respuesta
<b>Exposición aguda externa (&lt;10 horas)</b>		<p>Si la dosis se ha proyectado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—Adoptar de inmediato medidas de protección precautorias urgentes (incluso en condiciones difíciles) para mantener las dosis por debajo de los criterios genéricos</li> <li>—Proporcionar información pública y avisos</li> <li>—Llevar a cabo la descontaminación con urgencia</li> </ul>
$AD_{\text{Médula ósea roja}}^a$	1 Gy	
$AD_{\text{Feto}}$	0,1 Gy	
$AD_{\text{Tejido}}^b$	25 Gy a 0,5 cm	
$AD_{\text{Piel}}^c$	10 Gy en 100 cm <sup>2</sup>	
<b>Exposición interna debida a absorción aguda (<math>\Delta = 30</math> días)<sup>d</sup></b>		<p>Si la dosis se ha recibido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—Realizar de inmediato el examen médico, la consulta y el tratamiento médico indicado</li> <li>—Controlar la contaminación</li> <li>—Llevar a cabo de inmediato la decorporación<sup>f</sup> (si procede)</li> <li>—Llevar a cabo el registro del control sanitario a largo plazo (seguimiento médico)</li> <li>—Prestar asesoramiento psicológico exhaustivo</li> </ul>
$AD(\Delta)_{\text{Médula ósea roja}}$	0,2 Gy para radionucleidos con $Z \geq 90^e$ 2 Gy para radionucleidos con $Z \leq 89^e$	
$AD(\Delta)_{\text{Tiroides}}$	2 Gy	
$AD(\Delta)_{\text{Pulmón}}^g$	30 Gy	
$AD(\Delta)_{\text{Colon}}$	20 Gy	
$AD(\Delta')_{\text{Feto}}^h$	0,1 Gy	

<sup>a</sup>  $AD_{\text{Médula ósea roja}}$  representa la dosis absorbida ponderada según EBR recibida por los tejidos u órganos internos (por ejemplo, la médula ósea roja, el pulmón, el intestino delgado, las gónadas, tiroides) y por el cristalino debido a la exposición en un campo uniforme de radiación de fuerte penetración.

<sup>b</sup> Dosis recibida en el tejido en una zona de 100 cm<sup>2</sup> a una profundidad de 0,5 cm bajo la superficie corporal a causa de un estrecho contacto con una fuente radiactiva (p.ej., una fuente llevada en la mano o el bolsillo).

<sup>c</sup> La dosis se recibe en la dermis en una zona de 100 cm<sup>2</sup> (estructuras tisulares a una profundidad de 40 mg/cm<sup>2</sup> (o 0,4 mm) bajo la superficie corporal).

<sup>d</sup>  $AD(\Delta)$  es la dosis absorbida ponderada según EBR recibida en el período  $\Delta$  mediante la absorción ( $I_{05}$ ) que producirá un efecto determinista grave en el 5 % de las personas expuestas.

<sup>e</sup> Se aplican criterios diferentes para tener en cuenta la diferencia significativa en los umbrales de absorción específicos de los radionucleidos de estos grupos [3].

<sup>f</sup> El criterio genérico para la decorporación se basa en la dosis proyectada sin decorporación. La decorporación es el proceso biológico, facilitado por un agente químico o biológico, mediante el cual los radionucleidos incorporados se extraen del cuerpo humano.

<sup>g</sup> Para los fines de estos criterios genéricos, por “pulmón” se entiende la región alveolar-intersticial del tracto respiratorio.

<sup>h</sup> Para este caso en particular, por  $\Delta'$  se entiende el período de desarrollo en el útero.

CUADRO 3. CRITERIOS GENÉRICOS APLICABLES A LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA EN SITUACIONES DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA PARA REDUCIR EL RIESGO DE EFECTOS ESTOCÁSTICOS

Criterios genéricos		Ejemplos de medidas de protección y otras medidas de respuesta
<b>Dosis proyectada que exceda de los criterios genéricos señalados a continuación:</b> Adoptar medidas de protección y otras medidas de respuesta con urgencia		
$H_{\text{Tiroides}}$	50 mSv en los primeros 7 días	Bloqueo del yodo en el tiroides
$E$	100 mSv en los primeros 7 días	Alojamiento en refugios; evacuación; descontaminación; restricción del consumo de alimentos, leche y agua; control de la contaminación; fomento de la confianza del público
$H_{\text{Feto}}$	100 mSv en los primeros 7 días	
<b>Dosis proyectada que exceda de los criterios genéricos señalados a continuación:</b> Adoptar medidas de protección y otras medidas de respuesta en la etapa inicial de la respuesta		
$E$	100 mSv por año	Realojamiento temporal; descontaminación; reemplazo de alimentos, leche y agua; creación de confianza en el público
$H_{\text{Feto}}$	100 mSv durante todo el período de desarrollo en el útero	
<b>Dosis recibida que exceda de los criterios genéricos señalados a continuación:</b> Adoptar medidas médicas a más largo plazo y tratar eficazmente los efectos radioinducidos en la salud		
$E$	100 mSv en un mes	Examen basado en dosis equivalentes a órganos radiosensibles específicos (como base para el seguimiento médico); asesoramiento
$H_{\text{Feto}}$	100 mSv durante todo el período de desarrollo en el útero	Asesoramiento para posibilitar decisiones informadas en circunstancias particulares
<b>Nota:</b> $H_T$ — dosis equivalente en un órgano o tejido $T$ ; $E$ — dosis efectiva.		

3.12. Ejemplos de cuándo pueden justificarse esos criterios genéricos de valores más altos en circunstancias excepcionales pueden ser los casos de falta de alimentos o agua de reemplazo, de condiciones meteorológicas extremas, de desastres naturales, de rápida progresión de una situación y de comisión de actos dolosos. Los criterios genéricos empleados en tales casos no deberían exceder de los que se presentan en el cuadro 3 por un factor de más de 2 a 3.

## EL RIESGO IMPORTANTE COMO BASE DE LOS CRITERIOS OPERACIONALES

3.13. El riesgo asociado con una emisión o exposición radiactiva se considera “riesgo importante” si la emisión o exposición puede ocasionar muertes prematuras u otros efectos deterministas graves.

3.14. El término “riesgo importante” es la base de los criterios operacionales sobre la cual los encargados de adoptar decisiones deben tomar medidas con objeto de prevenir efectos deterministas graves manteniendo las dosis por debajo de las que se aproximan a los criterios genéricos establecidos en el cuadro 2. Estas medidas de protección precautorias urgentes se justifican en cualquier circunstancia [2].

3.15 Las emergencias pueden causar muertes prematuras u otros efectos deterministas graves a menos que se adopten medidas de protección urgentes. Pueden citarse como ejemplos una emergencia nuclear en una central de la categoría de amenaza I [2], como daños graves del núcleo en una central nuclear, un accidente de criticidad o una emergencia radiológica de la categoría de amenaza IV relacionada con el robo o pérdida de una fuente, o el uso con fines dolosos de materiales radiactivos [16]. Para tales emergencias, las condiciones observadas que indiquen un riesgo importante asociado con una emisión o exposición que podría provocar efectos deterministas graves deberían justificar la adopción de medidas de protección precautorias urgentes.

3.16. En la referencia [2] se aborda esta cuestión al indicarse que las instalaciones de las categorías de amenazas I, II y III<sup>7</sup> adoptarán disposiciones apropiadas para detectar las emergencias, clasificarlas y responder a ellas con prontitud, para lo cual deberían tomarse medidas de protección precautorias urgentes con el fin de proteger a los trabajadores y el público de efectos deterministas graves. Los criterios genéricos, basados en la dosis proyectada, en el caso de las medidas de protección precautorias urgentes destinadas a prevenir efectos deterministas graves como los previstos en el cuadro 2, deberían utilizarse como criterios dosimétricos para definir las emergencias que tienen el potencial de producir esos efectos en la salud.

---

<sup>7</sup> Las categorías de amenaza I, II y III representan niveles decrecientes de amenaza en las instalaciones y, por tanto, de rigor de los requisitos aplicables a las disposiciones de preparación y respuesta en caso de emergencia. Véanse más detalles en el párrafo 3.6 y el cuadro I de la referencia [2].

3.17. Si se trata de emergencias de la categoría de amenaza IV [2] relacionadas con fuentes peligrosas<sup>8</sup>, también deberían tomarse medidas de protección precautorias urgentes antes o poco después del comienzo de una emisión o exposición. Entre ellas se incluye el transporte y otras actividades autorizadas que tengan que ver con fuentes peligrosas como las fuentes de radiografía industrial, los satélites alimentados por energía nuclear o los generadores radiotérmicos, así como sucesos relacionados con posibles actividades no autorizadas. En la referencia [2] se establece que el operador de una práctica en que se utilice una fuente peligrosa dispondrá lo necesario para responder rápidamente a una emergencia asociada a la fuente con miras a mitigar las consecuencias (referencia [2], párrafo 4.37). Los criterios genéricos que figuran en el cuadro 2 se utilizan como criterios dosimétricos para definir las fuentes que se consideran peligrosas [8, 17]. Además, los funcionarios locales deberían elaborar criterios predeterminados para iniciar medidas de protección precautorias urgentes una vez que se haya definido una situación que pueda causar efectos deterministas graves si no se toman medidas [18].

## LA DOSIS PROYECTADA COMO BASE DE LOS CRITERIOS OPERACIONALES

3.18. La dosis proyectada constituye la base de los criterios operacionales para que los encargados de adoptar decisiones tomen medidas en cumplimiento de los tres objetivos siguientes [2]:

- Prevenir efectos deterministas graves manteniendo la dosis por debajo de niveles que se aproximen a los criterios genéricos incluidos en el cuadro 2 en que se justifican medidas de protección urgentes en cualquier circunstancia;
- Adoptar medidas de protección y otras medidas de respuesta eficaces para reducir razonablemente el riesgo de efectos estocásticos manteniendo la dosis por debajo de niveles que se aproximen a los criterios genéricos señalados en el cuadro 3;
- Garantizar la seguridad de los trabajadores de emergencia en las tareas que se realicen aplicando los valores orientativos del cuadro 4.

---

<sup>8</sup> Una fuente peligrosa es aquella que podría originar, si no se controla, una exposición suficiente para causar efectos deterministas graves. Esta categorización se emplea para determinar la necesidad de disposiciones de respuesta a emergencias y no debe confundirse con la categorización de fuentes para otros fines.



3.19. Deberían implantarse siempre medidas de protección urgentes para evitar dosis que se aproximen a niveles en que, si se reciben, puedan producirse efectos deterministas graves. Cabe reconocer que las dosis recibidas antes de aplicarse la medida de protección podrían inducir efectos deterministas.

3.20. Al evaluar las dosis proyectadas, la distribución de las dosis debería considerarse junto con la incertidumbre de la distribución de las dosis en la población objeto de examen. Cuando se evalúe la exposición para los miembros del público, debería tenerse en cuenta la posibilidad de la presencia de niños y mujeres embarazadas.

3.21. Los criterios genéricos enunciados en el cuadro 2 se indican por separado para la absorción de sustancias radiactivas y para la exposición externa. En el caso de la exposición externa, el umbral para el desarrollo de los efectos deterministas depende de la dosis, la tasa de dosis y la eficacia biológica relativa (EBR) de la radiación. En el caso de la exposición interna, el umbral depende de muchos factores, como la actividad de absorción, el período de semidesintegración, la vía de absorción, el radionucleido emitido y el metabolismo del radionucleido. Para tomar en consideración todos estos factores, el umbral para el desarrollo de determinados efectos deterministas tras la absorción se establece mejor en función de la actividad de absorción [3]. Con todo, los umbrales en función del margen de absorción se extienden en más de seis órdenes de magnitud [3]. El establecimiento de umbrales en función de la dosis absorbida ponderada según EBR comprometida para 30 días en relación con los umbrales de absorción reduce el rango de umbrales de seis órdenes de magnitud (para la absorción) a un factor de tres (para la dosis). Por tanto, en el caso de la inhalación o ingestión de sustancias radiactivas, se utiliza un valor de dosis absorbida ponderada según EBR comprometida para 30 días para especificar el umbral con respecto al posible comienzo de efectos deterministas graves en el órgano afectado.

3.22. La dosis absorbida promediada ponderada según EBR en un órgano o tejido (dosis absorbida ponderada según EBR) se define como el producto de la dosis absorbida promediada en un órgano o tejido y la EBR. La unidad utilizada para expresar la dosis absorbida ponderada según EBR es el gray (Gy). Véanse más detalles en el apéndice I.

3.23. En el caso de la exposición interna y externa combinada, la suma de las dosis absorbidas ponderadas según EBR para la absorción de sustancias radiactivas y para la exposición externa podrá utilizarse como base para calcular los NIO a los efectos de la adopción de decisiones, como se analiza a fondo en el párrafo II.5 del apéndice II de la referencia [3].

3.24. Los criterios genéricos enunciados en el cuadro 2 deberían utilizarse para deducir NIO con miras a adoptar medidas de protección precautorias urgentes y otras medidas de respuesta destinadas a prevenir efectos deterministas graves. Para la adopción de medidas con vista a reducir el riesgo de efectos estocásticos, los principios de la justificación y la optimización exigen tener en cuenta el beneficio que reportarían las medidas de protección y otras medidas de respuesta y los perjuicios que acarrearían en el sentido más amplio. Siempre se justifican las medidas destinadas a prevenir dosis que se aproximen a las señaladas en el cuadro 2.

3.25. En el cuadro 3 se presentan los criterios genéricos que deberían aplicarse para deducir los NIO con el fin de adoptar medidas de protección urgentes y tempranas y otras medidas de respuesta. La protección que se obtiene aplicando estos criterios genéricos se ha optimizado sobre una base genérica para la población en general, suponiendo que no imperan otras condiciones peligrosas en el momento de aplicarse las medidas. Los valores propuestos no deben ajustarse para tener en cuenta miembros de la población en particular (por ejemplo, niños o mujeres embarazadas) porque la medida de protección adoptada para impedir estas dosis satisfará el principio básico aplicable a toda la población.

## LA DOSIS RECIBIDA COMO BASE DE LOS CRITERIOS OPERACIONALES

3.26. Para describir la dosis recibida se hace necesario distinguir entre la etapa de planificación y una situación real. En la etapa de planificación, la dosis que se recibirá hipotéticamente se enmarca en la definición de la dosis residual (dosis que se prevé recibir en el futuro después que hayan cesado las medidas de protección o que se haya adoptado una decisión de no aplicar medidas de protección). En una situación real, la dosis recibida es la dosis real que se ha recibido por todas las vías de exposición.

3.27. La dosis recibida es la base de los criterios operacionales en que se sustentan las medidas siguientes:

- Prestar atención médica, según se requiera, cuando la dosis recibida excede de los niveles establecidos en el cuadro 2 (véase la nota 3 en la página 5);
- Considerar la necesidad del seguimiento médico para la detección con prontitud y el tratamiento eficaz de cánceres radioinducidos si la dosis recibida excede de los niveles establecidos en el cuadro 3;

- Prestar asesoramiento a las personas expuestas, incluso mujeres embarazadas, de modo que puedan adoptar decisiones informadas respecto del curso posterior de su tratamiento si la dosis recibida excede de los niveles determinados en los cuadros 2 y 3;
- Crear una base de confianza para asegurar a las personas que no quedaron expuestas por encima de los niveles especificados en los cuadros 2 y 3 que no existen motivos para preocuparse.

3.28. La dosis recibida sirve de apoyo a la adopción de decisiones respecto de las medidas médicas urgentes y a más largo plazo. Ejemplos de medidas urgentes son el triaje médico en el lugar de una emergencia y el tratamiento especializado en hospitales poco después de una emergencia. Estas medidas se inician y aplican sobre la base de los síntomas médicos y las observaciones. No obstante, al realizar el triaje médico en el lugar de la emergencia se deberían tener en cuenta los elementos observables (p.ej., señales de radiación y rótulos) y los datos de exploración radiológica cuando se disponga de ellos. La información dosimétrica sirve de gran apoyo a la adopción de decisiones sobre la aplicación de medidas médicas en el hospital (p. ej., la extensión de tejido expuesto que se deberá extirpar durante el tratamiento quirúrgico en caso de radiolesión local y la eficacia de la decorporación en caso de contaminación interna). La vigilancia de la salud a largo plazo de las personas expuestas comienza en la etapa inicial de la respuesta y continúa durante un tiempo prolongado.

3.29. Los registros médicos establecidos durante una emergencia (sobre todo en el emplazamiento) deberían centrarse en los síntomas clínicos y otros hechos observados, y no incluir supuestos de asociación causal con la exposición a radiaciones. Tales supuestos podrían provocar ansiedad y un examen médico injustificado. Para determinar la causa de los síntomas se requiere el análisis de expertos.

3.30. Hay diversas razones que fundamentan la vigilancia de la salud a largo plazo de las personas afectadas, como proporcionarles atención médica avanzada, mitigar su preocupación con respecto a su estado de salud y profundizar los conocimientos científicos. La razón de los estudios de seguimiento debería explicarse cuidadosamente a los interesados.

3.31. El seguimiento médico a largo plazo se justifica para detectar y tratar efectos deterministas tardíos y sus complicaciones, así como cánceres radioinducidos. La vigilancia de la salud a largo plazo debería justificarse en función de uno de los siguientes niveles de exposición:

- La vigilancia de la salud a largo plazo siempre se justifica a niveles de dosis superiores a los umbrales fijados para los efectos deterministas [3].
- La justificación de la vigilancia de la salud a largo plazo a niveles de dosis inferiores a los umbrales fijados para los efectos deterministas exige la identificación correcta de las poblaciones en más alto riesgo de desarrollar cánceres radioinducidos. El seguimiento médico siempre debería producir más beneficios que perjuicios desde el punto de la salud pública. Un motivo para establecer un registro y realizar un seguimiento médico es poder detectar la enfermedad en su etapa inicial. Esto se basa en la hipótesis de que el diagnóstico precoz del cáncer propicia un tratamiento más eficiente y, por ende, menor morbilidad y mortalidad. Al establecer el registro se deberían tener en cuenta el nivel de exposición de los órganos radiosensibles expresado en dosis equivalente y la posibilidad de detectar cáncer entre la población expuesta.

3.32. Los datos epidemiológicos actuales muestran que los cánceres radioinducidos (el número excesivo de casos de cáncer detectado por encima de los casos básicos de cáncer) podrían hallarse en grandes poblaciones expuestas a dosis superiores a 0,1 Sv recibidas con altas tasas de dosis. Estos datos se basan en estudios epidemiológicos de poblaciones bien definidas (por ejemplo, los sobrevivientes de los bombardeos atómicos del Japón y pacientes sometidos a procedimientos médicos radiológicos). Los estudios epidemiológicos no han demostrado estos efectos en personas expuestas a bajas dosis (menos de 0,1 Sv) en un período de muchos años [19]. La inclusión en programas de vigilancia de la salud a largo plazo de personas que han recibido dosis muy bajas puede causar ansiedad innecesaria. Además, no es rentable desde el punto de vista de la salud pública.

3.33. La evaluación del seguimiento a largo plazo tras el accidente de Chernóbil de 1986 reveló que el seguimiento médico de personas que reciben dosis inferiores a 1 Gy tal vez no se justifique, salvo en el caso de dosis absorbidas en el tiroides. Como se cita en el informe de la OMS “Report on Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes” [20], las pruebas de detección del cáncer en personas asintomáticas no han sido beneficiosas en lo que se refiere al aumento de la supervivencia o la calidad de vida, salvo el control del cáncer de mama y el cáncer del cuello del útero mediante mamografía y pruebas de Pap<sup>9</sup>, respectivamente. La prueba de detección del cáncer de tiroides después de emergencias relacionadas con la emisión de isótopos radiactivos de

---

<sup>9</sup> Prueba de Papanicolau.

yodo ha resultado muy eficaz para el diagnóstico precoz y el tratamiento de niños expuestos a raíz del accidente de Chernóbil.

3.34. Se debería proveer información adecuada a las personas expuestas acerca del riesgo a largo plazo que entraña su exposición a la radiación, y se les debería dar seguridades de que no se requerirán nuevas medidas.

## **4. VALORES ORIENTATIVOS PARA LOS TRABAJADORES DE EMERGENCIA**

4.1. El trabajador de emergencia es una persona que desempeña determinadas funciones en la respuesta a una emergencia, y que podría quedar expuesta durante las acciones que realice en respuesta a la emergencia. Entre los trabajadores de emergencia se incluyen los que son empleados por los titulares registrados o los titulares de licencias, así como el personal de las entidades de respuesta, como oficiales de policía, bomberos, personal médico, y conductores y tripulantes de vehículos de evacuación.

4.2. En el párrafo 4.60 de la referencia [2], se señala que

“Se deberán adoptar las orientaciones nacionales que se ajusten a las normas internacionales para la gestión, el control y el registro de las dosis recibidas por los trabajadores de emergencia. Estas orientaciones deberán abarcar los niveles de dosis operacionales por omisión [defecto] para los trabajadores de emergencia respecto de los diferentes tipos de actividades de respuesta, que se fijan en cantidades que pueden supervisarse directamente durante la realización de estas actividades (como por ejemplo, la dosis integrada de la radiación externa penetrante). Al fijarse los niveles de dosis operacionales por omisión para los trabajadores de emergencia, se deberán tener en cuenta las contribuciones a las dosis a través de todas las vías de exposición”.

4.3. En el cuadro 4 se recomienda el empleo de valores orientativos para la protección de los trabajadores de respuesta a emergencias.

4.4. Las medidas de salvamento que originen dosis cercanas o superiores al umbral fijado para efectos deterministas graves solo deberían considerarse si a) los beneficios previstos para los demás son claramente mayores que el propio riesgo

**CUADRO 4. VALORES ORIENTATIVOS PARA RESTRINGIR LA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES DE EMERGENCIA**

Tareas	Valores orientativos <sup>a</sup>
Medidas de salvamento	$H_p(10)^b < 500 \text{ mSv}$ Este valor podrá superarse en circunstancias en que los beneficios previstos para los demás sean claramente mayores que los propios riesgos para la salud de los trabajadores, y en que el trabajador de emergencia se ofrezca voluntariamente para emprender la acción y conozca y acepte este riesgo para la salud
Medidas destinadas a prevenir efectos deterministas graves y medidas destinadas a prevenir el desarrollo de condiciones catastróficas que puedan afectar significativamente a las personas y el medio ambiente	$H_p(10) < 500 \text{ mSv}$
Medidas destinadas a impedir una dosis colectiva importante	$H_p(10) < 100 \text{ mSv}$

<sup>a</sup> Estos valores solo se aplican para la dosis debida a una exposición a la radiación penetrante externa. Las dosis recibidas de la exposición a radiación no penetrante externa y de la absorción o la contaminación de la piel deben prevenirse por todos los medios posibles. Si esto no es viable, la dosis efectiva y la dosis equivalente recibida en un órgano tendrán que limitarse para minimizar el riesgo para la salud de la persona en consonancia con el riesgo asociado a los valores orientativos que se indican en este cuadro.

<sup>b</sup>  $H_p(10)$  es la dosis equivalente personal  $H_p(d)$  donde  $d = 10 \text{ mm}$ .

del trabajador de emergencia y b) el trabajador de emergencia se ofrece voluntariamente para emprender la acción y conoce y acepta este riesgo.

4.5. Los trabajadores de emergencia que realicen acciones en que las dosis que reciban puedan exceder de 50 mSv lo harán voluntariamente y deberían haber sido informados por anticipado de manera clara y exhaustiva de los riesgos concomitantes para la salud, así como de las medidas de protección disponibles, y deberían haber recibido capacitación, en la mayor medida posible, en relación con las acciones que tal vez deban realizar. La base voluntaria de las medidas de respuesta que deben adoptar los trabajadores de emergencia suele tenerse en cuenta en las disposiciones de respuesta a emergencias.

4.6. Los trabajadores de emergencia deberían recibir atención médica apropiada para la dosis que puedan haber recibido (medidas conformes a los cuadros 2 y 3). Deberían comunicarse a los trabajadores las dosis recibidas y la información relativa a los riesgos consiguientes para la salud. Debería alentarse a las trabajadoras que sepan que están embarazadas a notificarlo a la autoridad competente, y normalmente se les debería excluir de las tareas de emergencia.

4.7. En casi todas las emergencias se medirá continuamente en el mejor de los casos solo la dosis recibida de la radiación penetrante externa. En consecuencia, las orientaciones operacionales suministradas a los trabajadores de emergencia deberían basarse en las mediciones de la radiación penetrante (p.ej., como indique un dosímetro activo o de autolectura). La dosis por absorción o contaminación de la piel debería limitarse mediante el empleo de equipo de protección, la aplicación de profilaxis con yodo estable y la aportación de instrucciones relacionadas con las operaciones en condiciones radiológicas potencialmente peligrosas<sup>10</sup>. Debería utilizarse la información disponible sobre las condiciones radiológicas en el emplazamiento como ayuda a la adopción de decisiones sobre la protección apropiada de los trabajadores de emergencia.

## **5. CRITERIOS OPERACIONALES**

5.1. La dosis proyectada y la dosis recibida no son cantidades mensurables y no pueden utilizarse como base para adoptar medidas rápidas en una emergencia. Es necesario establecer — por anticipado — criterios operacionales (valores de cantidades por defecto mensurables o de elementos observables) en reemplazo de los criterios genéricos para emprender acciones de protección diferentes y otras medidas de respuesta. Las medidas de protección precautorias urgentes y, según proceda, las medidas de protección urgentes deberían tomarse en función de los criterios operacionales por defecto calculados previamente. La mayoría de medidas de protección urgentes y medidas de protección tempranas también se aplican sobre la base de criterios operacionales por defecto calculados previamente. No obstante, si las características de una emergencia difieren de las supuestas en los cálculos de los criterios operacionales por defecto, los criterios deberían calcularse nuevamente. Durante la fase de planificación deberían establecerse métodos de recálculo para abordar las condiciones imperantes en una emergencia real.

---

<sup>10</sup> Las instrucciones abarcarán principios relativos al tiempo, la distancia y el blindaje, la prevención de la ingestión de sustancias radiactivas y la protección respiratoria.

5.2. Los criterios operacionales<sup>11</sup> son los NAE, los NIO, los elementos observables y los indicadores de condiciones en el lugar de la emergencia.

5.3. Los NAE son los criterios operacionales específicos, predeterminados y observables utilizados para detectar, reconocer y determinar la clase de emergencia de un suceso ocurrido en instalaciones de las categorías de amenaza I, II y III [2]. Los NAE se emplean para la clasificación y para adoptar decisiones sobre la aplicación de las medidas de protección precautorias urgentes correspondientes a la clase de emergencia. Estos criterios deberían definirse previamente como se indica en la referencia [2] y aplicarse según se explica en las referencias [7, 8]. En el apéndice III se examina el proceso de elaboración de los NAE y se incluyen ejemplos de NAE para la clasificación de emergencias en centrales nucleares de reactores de agua ligera.

5.4. En el caso de las emergencias de la categoría de amenaza IV [2], los criterios operacionales para aplicar las medidas de protección urgentes deberían predeterminarse en función de la información observable en el lugar de la emergencia. Normalmente son los primeros actuantes o los operadores presentes en el lugar de la emergencia quienes harán observaciones de elementos que indiquen un peligro de radiación (p.ej., después de ver un rótulo en un vehículo involucrado en un accidente). Las referencias [7, 8, 18] proporcionan orientación sobre el radio aproximado de la zona interior acordonada en que las medidas de protección urgentes se adoptarían inicialmente sobre la base de la información observable por los actuantes a su llegada al lugar. El tamaño de la zona acordonada podrá ampliarse en función de los NIO de tasas de dosis y otros NIO de mediciones ambientales (véase el apéndice II) cuando se disponga de estos datos. En la referencia [18] figura una lista de elementos observables que pueden utilizar los encargados de la respuesta para identificar una fuente peligrosa, junto con las medidas que se habrán de adoptar para proteger a los encargados de la respuesta y el público. La referencia [17] contiene orientaciones sobre la actividad de un radionucleido que, de no controlarse, debería considerarse como una fuente peligrosa.

5.5. El NIO es una cantidad calculada que corresponde a uno de los criterios genéricos. Los NIO se emplean con los demás criterios operacionales (NAE y elementos observables) para determinar medidas de protección apropiadas y otras medidas de respuesta. Si se superan los NIO, debería invocarse rápidamente la

---

<sup>11</sup> Estos criterios operacionales se utilizan como elementos iniciales en la etapa inicial de una emergencia; en algunas publicaciones se utiliza el término “elementos iniciales”.



medida de protección apropiada. Los NIO suelen expresarse en función de las tasas de dosis o la actividad de la sustancia radiactiva emitida, las concentraciones de aire integradas en el tiempo, las concentraciones en el suelo o la superficie, o la concentración de actividad de los radionucleidos en el medio ambiente, en los alimentos, en el agua o en muestras biológicas. Los NIO pueden medirse con instrumentos sobre el terreno o determinarse mediante el análisis o la evaluación en el laboratorio.

5.6. En el párrafo 4.71 de la referencia [2] se señala que “se deberán adoptar disposiciones para evaluar prontamente los resultados de la vigilancia ambiental y la vigilancia de la contaminación en las personas a fin de decidir o adaptar las medidas protectoras urgentes para los trabajadores y el público, incluida la aplicación de niveles de intervención operacionales (NIO) y disposiciones para revisar los NIO, según corresponda, a fin de tener en cuenta las condiciones prevalecientes durante la emergencia”. Además, en el párrafo 4.89 de la referencia [2] se indica que se deberán establecer NIO por defecto para “mediciones ambientales (como tasas de dosis causadas por depósito de sustancias radiactivas y densidades de depósito de estas sustancias) y concentraciones en alimentos; medios para revisar los NIO; vigilancia oportuna para detectar la contaminación del suelo en el terreno; muestreo y análisis de alimentos y recursos hídricos; y medios para hacer cumplir las contramedidas en la agricultura”.

5.7. Debería hacerse todo lo posible por mantener un número mínimo de NIO para que el sistema conserve su simplicidad. En principio, debería haber un conjunto mínimo de NIO por defecto por cada cantidad operacional (es decir, la tasa de dosis debida a la contaminación de la piel) que, con la debida consideración de las incertidumbres, abarque razonablemente la medida de protección (p.ej., descontaminación urgente), los criterios genéricos aplicables y los supuestos conexos (p.ej., el tipo de emergencia o las características del peligro radiológico).

5.8. Es posible que, durante una emergencia, las personas reciban dosis causantes de un alto riesgo de cánceres radioinducidos. Aunque es improbable, podría registrarse un aumento apreciable en la incidencia de cánceres radioinducidos entre el grupo de población que ha quedado expuesto. Han ocurrido emergencias para las cuales no se han preestablecido criterios de vigilancia de la salud y tratamiento a largo plazo. Los criterios establecidos después que han ocurrido las emergencias a menudo se han fijado en un nivel demasiado bajo de dosis recibida o no se han establecido sobre la base de criterios de dosis de radiación. Ello ha llevado a la designación de grupos de seguimiento a los cuales les habría sido imposible, dadas las limitaciones inherentes de los estudios epidemiológicos, detectar cualquier aumento en la incidencia de cánceres debido al número relativamente reducido de

casos previsibles de cáncer radioinducido que cabe esperar. Por lo tanto, se necesitan criterios operacionales por defecto para determinar si una persona debería tenerse en cuenta para la vigilancia de la salud y el tratamiento a largo plazo.

5.9. En la referencia [2] se establece un requisito aplicable a las directrices relacionadas con el diagnóstico y el tratamiento de las radiolesiones, según el cual estas directrices deberían incluir los criterios operacionales utilizados en las tareas de apoyo dosimétrico de la gestión médica del paciente [21].

5.10. Los modelos dosimétricos para establecer los NIO deberían determinarse durante la fase de planificación. Estos modelos deberían incluir todo un conjunto de parámetros importantes para los fines de la adopción de decisiones respecto de la evaluación de la dosis. Para la evaluación de la dosis interna y el establecimiento de los NIO correspondientes es preciso aplicar códigos informáticos.

5.11. Los modelos dosimétricos y los datos deberían proporcionar garantías fiables de que se tienen en cuenta todos los miembros del público, incluso los más sensibles a la radiación (p.ej., las mujeres embarazadas). Al establecer los criterios operacionales por defecto, el público necesita tener la certeza de que se han tomado en consideración todos los grupos (p.ej., niños jugando al aire libre). En consecuencia, los NIO deben ir acompañados de explicaciones en lenguaje claro de la situación a la que son aplicables (véase el apéndice II), la forma en que abordan una preocupación para la seguridad o la salud, y qué significa su aplicación en lo que respecta al riesgo para las personas.

5.12. Estos NIO por defecto deberían establecerse sobre la base de supuestos relacionados con la emergencia, la población afectada y las condiciones imperantes; estos supuestos, empero, tal vez no reflejen con exactitud la emergencia de que se trata. Por consiguiente, en la referencia [2] se estipula que deben crearse medios para revisar los NIO por omisión con el fin de tener en cuenta las condiciones de emergencia imperantes. Con todo, la revisión de los NIO durante una emergencia tal vez cause trastornos, por lo que solo deberían revisarse si la situación se conoce bien y hay motivos imperiosos para hacerlo. El público debería estar informado de las razones de cualquier cambio efectuado en los NIO en una emergencia real.

5.13. En el apéndice II se presentan ejemplos seleccionados de NIO por defecto en relación con la sedimentación, los niveles de contaminación individual, y los niveles de contaminación en los alimentos, la leche y el agua, junto con una explicación de los NIO en lenguaje comprensible.

## Apéndice I

### CONCEPTOS DE DOSIS Y CANTIDADES DOSIMÉTRICAS

I.1. Hay diversos conceptos de dosis que resultan pertinentes para la preparación y respuesta en caso de emergencia: la dosis proyectada, la dosis residual y la dosis evitada [5].

I.2. Las cantidades dosimétricas de la dosis efectiva, la dosis equivalente y la dosis absorbida ponderada según EBR se utilizan para evaluar las consecuencias radioinducidas de una emergencia nuclear o radiológica. Estas cantidades se enumeran en el cuadro 5, se ilustran en la figura 2, y se examinan a continuación.

I.3. La dosis absorbida promediada ponderada según EBR en un órgano o tejido (dosis absorbida ponderada según EBR,  $AD_{R,T}$ ) se define como el producto de la dosis absorbida promediada ( $D_{R,T}$ ) de radiación (R) en un órgano o tejido (T) y la eficacia biológica relativa ( $RBE_{R,T}$ ):

$$AD_{R,T} = \sum_R D_{R,T} \times RBE_{R,T} \quad (1)$$

CUADRO 5. CANTIDADES DOSIMÉTRICAS UTILIZADAS EN SITUACIONES DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA

Cantidad dosimétrica	Símbolo	Propósito
<i>Cantidades de protección radiológica</i>		
Dosis absorbida ponderada según EBR	$AD_T$	Para evaluar efectos deterministas inducidos como resultado de la exposición de un órgano o tejido
Dosis equivalente	$H_T$	Para evaluar efectos estocásticos inducidos como resultado de la exposición de un órgano o tejido
Dosis efectiva	E	Para evaluar el detrimento relacionado con la aparición de efectos estocásticos en una población expuesta
<i>Cantidades operacionales</i>		
Dosis equivalente personal	$H_p(d)$	Para monitorizar la exposición externa de una persona
Dosis equivalente ambiental	$H^*(d)$	Para monitorizar un campo de radiación en el lugar de una emergencia

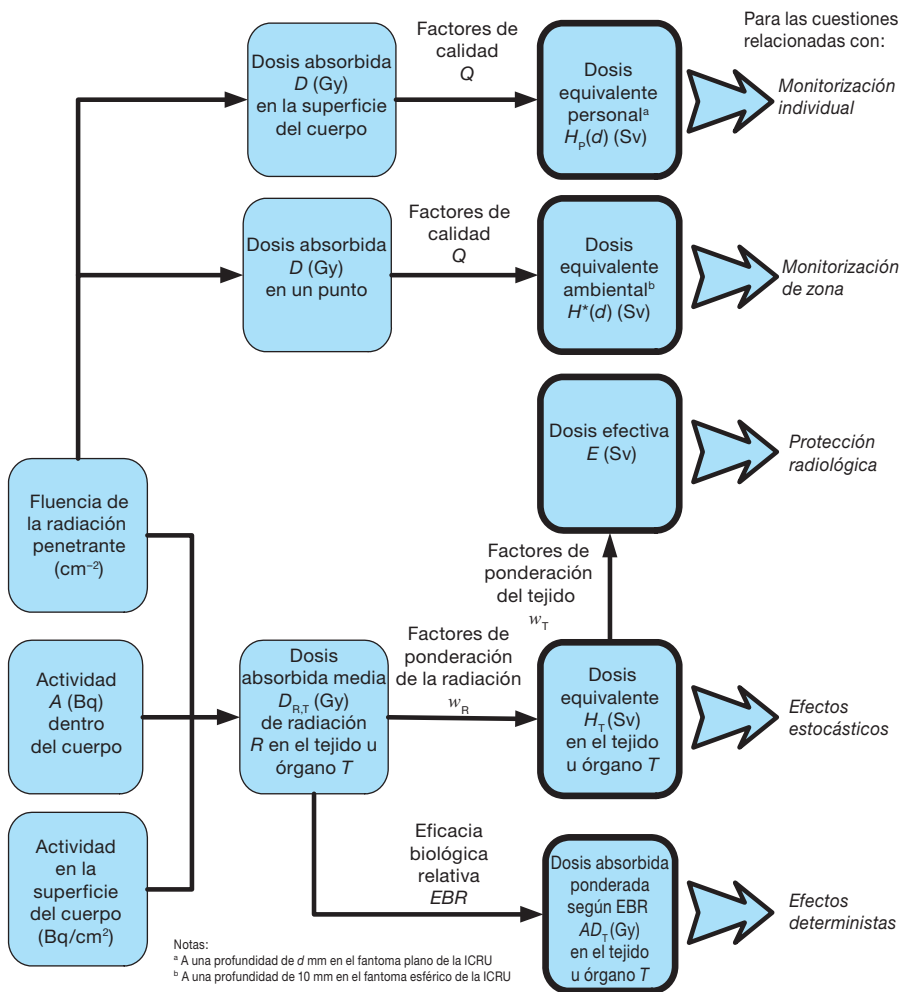


Fig. 2. Cantidades dosimétricas y su aplicación en situaciones de exposición de emergencia.

I.4. El valor de la EBR debería seleccionarse teniendo en cuenta el tipo de radiación, la dosis y los efectos en la salud causantes de preocupación, como se indica en el cuadro 6.

I.5. La unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) utilizada para expresar la dosis absorbida ponderada según EBR es  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , que se denomina gray (Gy) [14, 22, 23].

CUADRO 6. VALORES DE LA EBR ESPECÍFICOS DE LOS TEJIDOS Y ESPECÍFICOS DE LA RADIACIÓN PARA EL DESARROLLO DE EFECTOS DETERMINISTAS GRAVES SELECCIONADOS [3, 17]

Efecto para la salud	Órgano crítico	Exposición <sup>a</sup>	<i>EBR<sub>T,R</sub></i>
Síndrome hematopoyético	Médula ósea roja	Externa e interna $\gamma$	1
		Externa e interna $n$	3
		Interna $\beta$	1
		Interna $\alpha$	2
Neumonitis	Pulmón <sup>b</sup>	Externa e interna $\gamma$	1
		Externa e interna $n$	3
		Interna $\beta$	1
		Interna $\alpha$	7
Síndrome gastrointestinal	Colon	Externa e interna $\gamma$	1
		Externa e interna $n$	3
		Interna $\beta$	1
		Interna $\alpha$	0 <sup>c</sup>
Necrosis	Tejido blando <sup>d</sup>	Externa $\beta, \gamma$	1
		Externa $n$	3
Descamación húmeda	Skin <sup>e</sup>	Externa $\beta, \gamma$	1
		External $n$	3
Hipotiroidismo	Tiroides	Absorción de isótopos del yodo <sup>f</sup>	0,2
		Otros marcadores de tiroides	1

<sup>a</sup> La exposición externa  $\beta, \gamma$  incluye la exposición debida a la radiación de frenado producida dentro del material de la fuente.

<sup>b</sup> Tejido de la región alveolar-intersticial del tracto respiratorio.

<sup>c</sup> En el caso de los emisores alfa distribuidos uniformemente en el contenido del colon, se supone que la irradiación de las paredes del intestino es insignificante.

<sup>d</sup> Tejido a una profundidad de 5 mm debajo de la superficie de la piel en una zona de más de 100 cm<sup>2</sup>.

<sup>e</sup> Tejido a una profundidad de 0,5 mm debajo de la superficie de la piel en una zona de más de 100 cm<sup>2</sup>.

<sup>f</sup> Se considera que la irradiación uniforme del tejido de la glándula tiroidea probablemente produzca cinco veces más efectos deterministas que la exposición interna debida a isótopos del yodo emisores beta de baja energía, como el <sup>131</sup>I, el <sup>129</sup>I, el <sup>125</sup>I, el <sup>124</sup>I y el <sup>123</sup>I. Los radionucleidos marcadores del tiroides tienen una distribución heterogénea en el tejido del tiroides. El isótopo del <sup>131</sup>I emite partículas beta de baja energía, lo que reduce la eficacia de la irradiación del tejido crítico del tiroides debido a la disipación de la energía de las partículas dentro de otros tejidos.

I.6. La dosis absorbida promediada ponderada (dosis equivalente,  $H_T$ ) se define como el producto de la dosis absorbida promediada en el 6rgano o tejido ( $D_{R,T}$ ) y el factor de ponderaci3n de la radiaci3n  $w_R$  [11, 24]:

$$H_T = \sum_R D_{R,T} \times w_R \quad (2)$$

I.7. La dosis absorbida promediada ponderada (dosis equivalente,  $H_T$ ) se expresa en sievert (Sv) [22, 24]. Representa una cantidad espec3fica del 6rgano que puede utilizarse para evaluar el riesgo de contraer c6ncer radioinducido en un 6rgano.

I.8. La dosis efectiva se utiliza ampliamente para justificar y optimizar las medidas de protecci3n [10]. Su unidad es el sievert (Sv) [22]. La dosis efectiva total ( $E$ ) incluye las dosis debidas a la radiaci3n penetrante externa y a la absorci3n:

$$E = \sum_T H_T \times w_T \quad (3)$$

I.9. Las cantidades empleadas para la monitorizaci3n radiol3gica son las siguientes:

- Dosis equivalente ambiental ( $H^*(d)$ ); es decir, dosis equivalente que producir3a el campo alineado y expandido correspondiente en la esfera ICRU (Comisi3n Internacional de Unidades y Medidas Radiol3gicas) a una profundidad  $d$  sobre el radio opuesto a la direcci3n del campo alineado;
- Dosis equivalente personal ( $H_p(d)$ ); es decir, la dosis equivalente en tejido blando debajo de un punto especificado del cuerpo a una profundidad apropiada  $d$ .

La unidad SI para estas cantidades es  $J \cdot kg^{-1}$ , y se expresa en Sv.

I.10. La dosis equivalente ambiental y la dosis equivalente personal son las cantidades operacionales basadas en la cantidad de dosis equivalente. La dosis equivalente es el producto de la dosis absorbida en un punto del tejido u 6rgano y el factor de calidad apropiado ( $Q_R$ ) para el tipo de radiaci3n que origina la dosis [25]:

$$H = \sum_R D_R \times Q_R \quad (4)$$

CUADRO 7. EFECTOS CRÍTICOS RADIOINDUCIDOS EN LA SALUD EN UNA EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA [3]

Efecto en la salud	Órgano o entidad blanco
<i>Efectos deterministas</i>	
Letal	
Síndrome hematopoyético	Médula ósea roja <sup>a</sup>
Síndrome gastrointestinal	Intestino delgado en caso de exposición externa <sup>a</sup> Colon en caso de exposición interna <sup>b</sup>
Neumonitis	Pulmón <sup>a,c</sup>
Muerte de embrión/feto	Embrión/feto en todos los períodos de gestación
No letal	
Descamación húmeda	Piel <sup>d</sup>
Necrosis	Tejido blando <sup>e</sup>
Catarata	Cristalino <sup>a,f</sup>
Tiroiditis aguda inducida por radiación	Tiroides <sup>a</sup>
Hipotiroidismo	Tiroides <sup>a</sup>
Ovulación suprimida permanentemente	Ovarios <sup>a</sup>
Contaje espermático suprimido permanentemente	Testículos <sup>a</sup>
Retraso mental grave	Embrión/feto, de 8 a 25 semanas de gestación
Reducción verificable del cociente de inteligencia (IQ)	Embrión/feto, 8 a 25 semanas de gestación
Malformación	Embrión/feto, 3 a 25 semanas de gestación [26]
Retraso del crecimiento	Embrión/feto, 3 a 25 semanas de gestación [26]
<i>Efectos estocásticos</i>	
Cáncer de tiroides	Tiroides
Todos los efectos estocásticos	Todos los órganos se tienen en cuenta en la definición de la dosis efectiva

<sup>a</sup> La exposición externa en la médula ósea roja, pulmón, intestino delgado, gónadas, tiroides y cristalino como irradiación en un campo uniforme de radiación fuertemente penetrante se expresa por  $AD_{\text{médula ósea roja}}$ .

<sup>b</sup> Se proponen blancos diferentes para el síndrome gastrointestinal debido a la diferencia en la formación de dosis en el intestino delgado y el colon en el caso de la exposición interna. Esto obedece a las diferencias en la cinética del material ingerido en el tracto gastrointestinal, que produce dosis mucho más altas en el colon que en el intestino delgado después de la absorción.

<sup>c</sup> En el caso de la región alveolar-intersticial del sistema respiratorio.

<sup>d</sup> Estructuras de la piel a una profundidad de 50 mg/cm<sup>2</sup> (o 0,5 mm) debajo de la superficie y sobre una zona de 100 cm<sup>2</sup>.

<sup>e</sup> A una profundidad de 5 mm en el tejido.

<sup>f</sup> Estructuras del cristalino a una profundidad de 300 mg/cm<sup>2</sup> (o 3 mm) por debajo de la superficie.

I.11. En el cuadro 7 se presenta una lista de efectos radioinducidos en la salud que serían críticos durante una emergencia. La experiencia y las investigaciones señalan que la evaluación de la dosis en los órganos blanco que se presentan en el cuadro debería servir de base para seleccionar criterios operacionales con el fin de adoptar decisiones para abordar toda la gama de efectos posibles en la salud.



## Apéndice II

### EJEMPLOS DE NIO POR DEFECTO EN CASOS DE SEDIMENTACIÓN, CONTAMINACIÓN INDIVIDUAL Y CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS, LA LECHE Y EL AGUA

#### ASPECTOS GENERALES

II.1. En el presente apéndice se presentan ejemplos de NIO por defecto que pueden utilizarse para dar respuesta a una emergencia causante de contaminación, junto con una explicación en lenguaje claro de estos NIO y orientaciones sobre el empleo de los NIO (véanse los cuadros 8 a 10). Se presentan como ejemplos los siguientes NIO por defecto<sup>12,13</sup>:

- 1) El NIO1 es un valor medido de la contaminación del suelo que exige:
  - Medidas de protección urgentes (p.ej., evacuación) para mantener la dosis en una persona que resida en una zona contaminada por debajo de los criterios genéricos establecidos para las medidas de protección urgentes incluidas en el cuadro 3;

---

<sup>12</sup> No se indican los NIO con respecto a las tasas o las concentraciones de aire en un penacho resultantes de una emisión en curso porque se pretende que los criterios señalados como ejemplo sean de carácter muy general y práctico. Los NIO correspondientes a las dosis o concentraciones de aire de un penacho no se incluyen por las siguientes razones: a) en muchos casos la emisión significativa habrá terminado cuando se disponga de los resultados de las mediciones ambientales; b) es difícil tomar y analizar oportunamente las concentraciones de aire en una muestra; c) hay una gran variación espacio-temporal de las concentraciones del penacho en cualquier lugar durante una emisión; y d) los NIO de estos tipos dependen mucho de la índole de la emisión, lo que dificulta mucho establecer NIO aplicables a toda la gama de posibles emisiones. Durante el período de emisión importante, por tanto, las medidas de protección (p.ej., evacuación o alojamiento en refugios, a una distancia predeterminada) se toman mejor en función de criterios observables. Las entidades explotadoras de las instalaciones en que podrían producirse emergencias que originen emisiones de larga duración de materia suspendida en el aire deberían establecer NAE y posiblemente NIO específicos de las instalaciones para las mediciones hechas en un penacho para así tener en cuenta las posibles emisiones de materia suspendida en el aire de las instalaciones. En la referencia [27] se presentan ejemplos de NIO determinados para tasas de dosis producidas en una emisión procedente de un reactor de agua ligera debida a la fusión del núcleo.

<sup>13</sup> No se indican los NIO relacionados con concentraciones de aire derivadas de la resuspensión porque las dosis derivadas de la resuspensión se han considerado en los NIO correspondientes a la sedimentación.

- Medidas médicas, según proceda, ante la posibilidad de que la dosis recibida por los evacuados supere los criterios genéricos establecidos para las medidas médicas mencionadas en el cuadro 3.
- 2) El NIO2 es un valor medido de la contaminación del suelo que exige medidas de protección tempranas para mantener durante un año la dosis recibida por una persona que resida en la zona por debajo de los criterios genéricos establecidos con miras a adoptar medidas destinadas a reducir razonablemente el riesgo de los efectos estocásticos señalados en el cuadro 3.
- 3) El NIO3 es un valor medido de la contaminación del suelo que exige restricciones inmediatas del consumo de verduras, leche de animales que pastan en la zona y de agua de lluvia recogida para beber con el fin de mantener la dosis en una persona por debajo de los criterios genéricos establecidos para adoptar las medidas de protección urgentes indicadas en el cuadro 3.
- 4) El NIO4 es un valor medido de la contaminación de la piel que exige realizar la descontaminación o proporcionar instrucciones para la autodescontaminación y para limitar la ingestión inadvertida a los efectos de:
  - Mantener la dosis debida a la contaminación de la piel de una persona por debajo de los criterios genéricos establecidos para adoptar las medidas de protección urgentes enunciadas en el cuadro 3;
  - Comenzar el tratamiento o examen médico, según proceda, debido a la posibilidad de que la dosis recibida por una persona exceda de los criterios genéricos establecidos para las medidas médicas previstas en el cuadro 3.
- 5) Los NIO5 y NIO6 son valores medidos de las concentraciones en los alimentos, la leche o el agua que justifican que se tengan en cuenta restricciones del consumo para mantener la dosis efectiva en una persona por debajo de 10 mSv al año.

II.2. A los efectos de explicar la utilización de los NIO, puede considerarse que las emergencias nucleares o radiológicas que provocan contaminación son de tres tipos:

- 1) Una emergencia nuclear o radiológica causante de la contaminación de una zona extensa (cientos de kilómetros cuadrados) que afecte posiblemente a un gran número de personas; es decir, la contaminación de una zona tan extensa que, para que sea eficaz la respuesta, las medidas de protección urgentes y las medidas de protección tempranas deberían aplicarse en dos etapas: en primer lugar se adoptarían medidas de protección urgentes (p.ej.,

evacuación), y seguidamente medidas de protección tempranas (p.ej., realojamiento). Una emergencia de este tipo podría ocurrir en instalaciones como las centrales nucleares de la categoría de amenaza I o II [2].

- 2) Una emergencia nuclear o radiológica que dé lugar a la contaminación de una zona moderada (decenas de kilómetros cuadrados) que posiblemente afecte a un gran número de personas; es decir, la contaminación de una zona suficientemente reducida para que puedan aplicarse eficazmente medidas de protección urgentes y medidas de protección tempranas al mismo tiempo sin la necesidad de que la respuesta sea gradual. Una emergencia de este tipo podría ser resultado de la explosión de un dispositivo de dispersión radiactiva o producirse a causa del deterioro de una fuente radiactiva peligrosa [28].
- 3) Una emergencia nuclear radiológica que produzca la contaminación de pequeñas zonas y/o que afecte posiblemente a un número reducido de personas; es decir, la contaminación de pequeñas zonas que pueda ser aislada con facilidad y rapidez y que quizás afecte a un número reducido de personas que puedan ser descontaminadas y evaluadas con fines médicos utilizando los recursos disponibles, sin causar grandes trastornos. Este tipo de emergencia incluye las confinadas a una sola habitación o a un único derrame. La respuesta a este tipo de emergencia requiere el aislamiento de la zona potencialmente contaminada y la descontaminación de todas las personas afectadas sin tener que utilizar forzosamente los NIO.

## RESPUESTA A UNA EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA CAUSANTE DE CONTAMINACIÓN EN UNA ZONA EXTENSA

II.3. En la figura 3 se indica el proceso de evaluación de una emergencia de este tipo y la forma de darle respuesta aplicando las medidas de protección. Las primeras medidas de protección deberían adoptarse en función de las condiciones observadas en el lugar de la emergencia [7, 18] o de una clasificación de la emergencia (véanse los apéndices III y IV de la referencia [7]) antes de que se disponga de los datos de la monitorización radiológica.

II.4. En el curso de unas horas, en las zonas donde los niveles de sedimentación en el suelo excedan o probablemente excedan el NIO1, debería determinarse el NIO por defecto y adoptarse las medidas de protección urgentes apropiadas, como la evacuación, la detención del consumo de productos locales, y la evaluación médica de los evacuados.

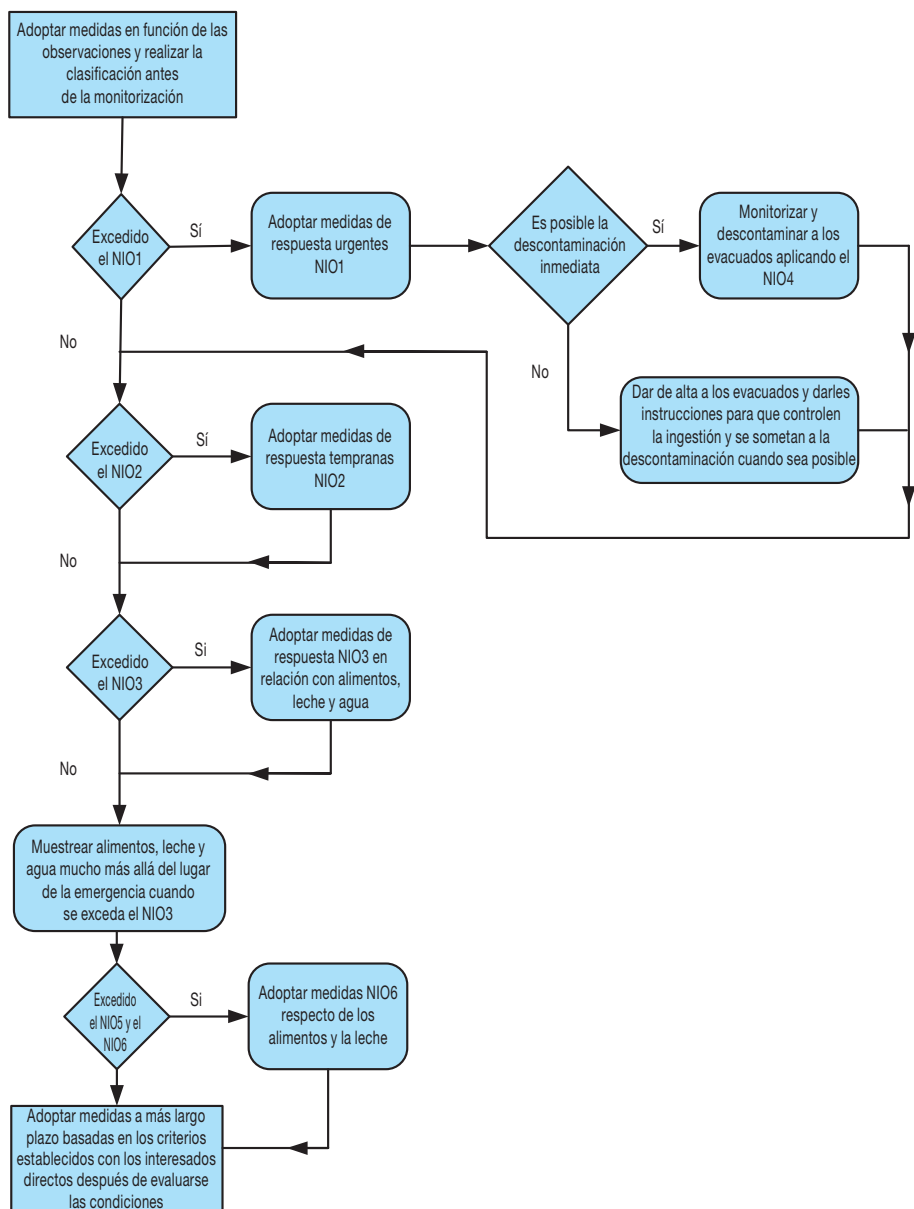


Fig. 3. Proceso de evaluación de una emergencia nuclear o radiológica causante de contaminación en una zona extensa.

II.5. En unas horas también deberían realizarse acciones para reducir las consecuencias de la contaminación de las personas que se encontraban en la zona cuando se excedió el NIO1. Si se excede el NIO4, los evacuados deberían ser

monitorizados y descontaminados (si estas medidas pueden llevarse a cabo con prontitud). Si no se pueden realizar la monitorización y la descontaminación inmediatamente, debería darse de alta a los evacuados e impartírseles instrucciones a fin de que tomen medidas para reducir la ingestión inadvertida, y se duchen y cambien de ropa lo antes posible. Los niveles NIO4 pueden ser muy difíciles de detectar en condiciones de emergencia. En consecuencia, las personas que puedan haber quedado contaminadas, incluso las que fueron monitorizadas y mostraron niveles de contaminación inferiores a NIO4, deberían tomar medidas para reducir la ingestión inadvertida, y ducharse y cambiarse de ropa lo antes posible. También debería evaluarse la dosis en los evacuados y adoptarse las medidas médicas consignadas en los cuadros 2 y 3, según corresponda.

II.6. En el curso de un día deberían determinarse las zonas en que los niveles de sedimentación en el suelo excedan el NIO2 por defecto y adoptarse medidas de protección tempranas, como detener el consumo de verduras y leche producidas en la localidad, y comenzar el proceso de realojamiento temporal. El realojamiento debería ultimarse en el período de una semana.

II.7. En unos días deberían determinarse las zonas en que los niveles de sedimentación en el suelo excedan el NIO3 por defecto y adoptarse medidas para detener el consumo de verduras y leche producidos en la localidad, y del agua de lluvia recogida para beber, hasta que se sometan a control y análisis. A la semana siguiente, los alimentos, la leche y el agua deberían controlarse y analizarse, posiblemente hasta una distancia de más de 100 km, y deberían adoptarse medidas para restringir el consumo de alimentos, leche y agua que tengan concentraciones de radionucleidos que excedan el NIO5 y el NO6.

II.8. En unos días debería determinarse la mezcla de los radionucleidos presentes en la zona afectada y deberían revisarse los NIO que se estén utilizando para tomar decisiones, si ello se justifica.

II.9. Toda recomendación para que el público adopte medidas de protección debería ir acompañada de una explicación en lenguaje claro de los criterios aplicables.

II.10. Después que cese la emergencia, deberían adoptarse nuevas medidas basadas en los criterios establecidos una vez que se hayan evaluado cuidadosamente las condiciones y se hayan celebrado consultas con las partes interesadas.

## RESPUESTA A UNA EMERGENCIA NUCLEAR O CAUSANTE DE LA CONTAMINACIÓN DE UNA ZONA MODERADA

II.11. En la figura 4 se indica el proceso de evaluación de una emergencia nuclear o radiológica causante de la contaminación de una zona moderada y la forma de darle respuesta aplicando las medidas de protección señaladas en la figura 4. Las primeras medidas de protección se toman en función de las condiciones observadas en el lugar de la emergencia [7, 18] o de una clasificación de la emergencia (véanse los apéndices III y IV de la referencia [7]) antes de que se disponga de los datos de la monitorización radiológica.

II.12. En el curso de unas horas, deberían determinarse las zonas donde la sedimentación en el suelo exceda o probablemente exceda el NIO2 por defecto, y deberían tomarse medidas de protección urgentes y medidas de protección tempranas apropiadas cuando se exceda el NIO2. Debería evaluarse la dosis recibida por los evacuados y adoptarse las medidas médicas consignadas en los cuadros 2 y 3.

II.13. Los evacuados deberían ser monitorizados y si se excede el NIO4, deberían ser descontaminados si ello puede hacerse con prontitud. Si no es posible realizar la monitorización y/o descontaminación inmediatamente, debería darse de alta a los evacuados e impartírseles instrucciones con el fin de que tomen medidas para reducir la ingestión inadvertida, se duchen y cambien de ropa lo antes posible. Los niveles NIO4 pueden ser muy difíciles de detectar en condiciones de emergencia. En consecuencia, las personas que puedan haber quedado contaminadas, incluso las que fueron monitorizadas y mostraron niveles de contaminación inferiores al NIO4, deberían tomar medidas para reducir la ingestión inadvertida, y ducharse y cambiarse de ropa lo antes posible.

II.14. En unos días deberían determinarse las zonas en que los niveles de sedimentación en el suelo excedan el NIO3 por defecto y adoptarse medidas para detener el consumo de agua de lluvia y de verduras y leche producidas en la localidad hasta que se sometan a control y análisis. Ahora bien, si solo ha quedado afectada una cantidad limitada de alimentos (p.ej., frutas y verduras de huertos locales) y pueden haberse afectado alimentos no esenciales, esta medida podrá omitirse y en su lugar se deberían imponer restricciones al consumo de todos los alimentos que podrían contaminarse hasta que fueran sometidos a control y análisis. Por último, deberían controlarse y analizarse los alimentos, la leche y el agua de lluvia a una distancia de varios kilómetros, y deberían adoptarse medidas para restringir el consumo de alimentos, leche y agua de lluvia que tengan concentraciones de radionucleidos que excedan el NIO5 y el NIO6.

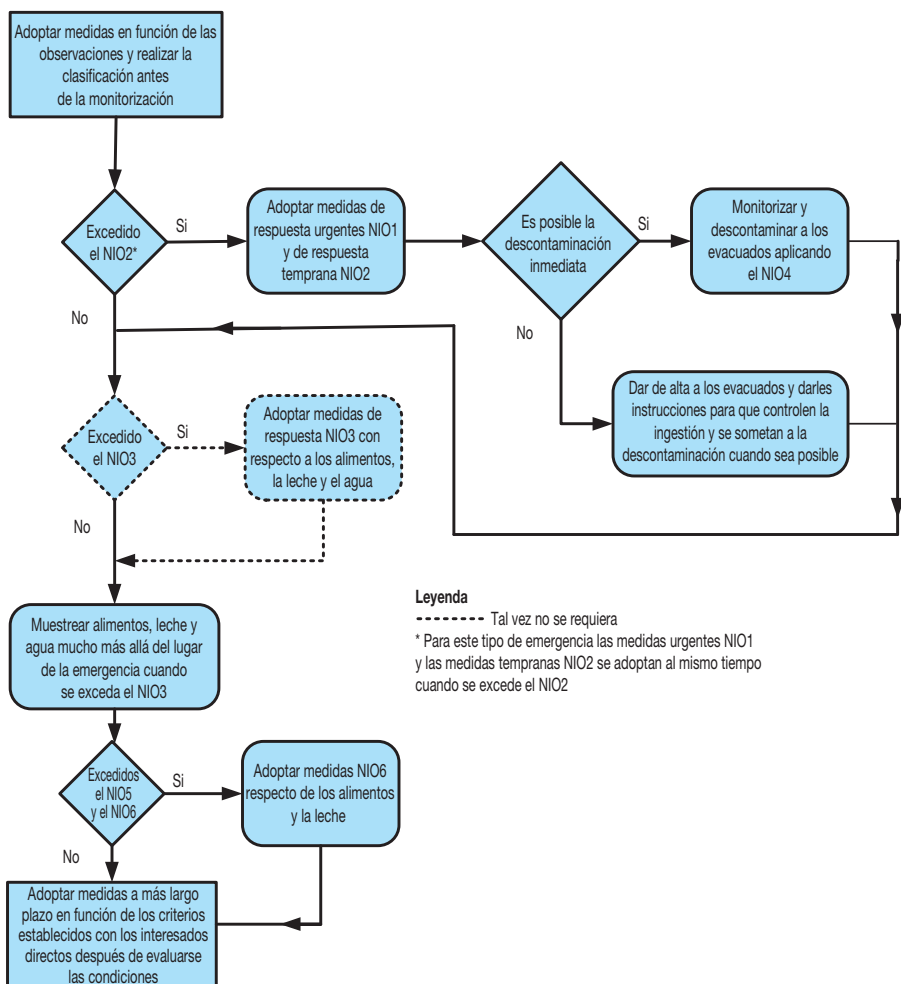


Fig. 4. Proceso de evaluación de una emergencia nuclear o radiológica causante de contaminación en una zona moderada.

II.15. En el curso de unos días debería determinarse la mezcla de radionucleidos en la zona afectada y revisarse los NIO que se estén utilizando para adoptar decisiones, si ello se justifica.

II.16. Toda recomendación para que el público adopte medidas de protección debería ir acompañada de una explicación en lenguaje claro de los criterios inherentes.

II.17. Después que cese la emergencia, deberían adoptarse nuevas medidas basadas en los criterios establecidos una vez que se hayan evaluado cuidadosamente las condiciones y celebrado consultas con las partes interesadas.

## NIO POR DEFECTO

II.18. En el cuadro 8 se consignan los NIO empleados para evaluar los resultados de la monitorización in situ de la contaminación del suelo, la piel y la ropa. En las unidades medidas por los instrumentos de exploración sobre el terreno se indican tres tipos de NIO: tasa de dosis (NIO( $\gamma$ )); contajes por segundo (contajes/s) beta para la radiación beta (NIO( $\beta$ )); y contajes/s alfa para la radiación alfa (NIO( $\alpha$ )). Se excede un NIO cuando se excede alguno de sus tipos. Estos NIO se aplican para las emergencias relacionadas con todos los radionucleidos, incluidos los productos de fisión emitidos por la fusión del combustible de reactores.

II.19. Los NIO que figuran en el cuadro 8 se establecieron para aplicar las medidas de protección y otras medidas de respuesta en una forma compatible con los criterios genéricos que figuran en los cuadros 2 y 3. Para establecer estos NIO se tuvieron en cuenta todos los miembros de la población (incluso niños y mujeres embarazadas), así como todas las actividades habituales (como juegos infantiles al aire libre). Los NIO se calcularon para asegurar que las medidas de protección que se adoptaran protegieran contra los radionucleidos más radiotóxicos. En consecuencia, los NIO son demasiado conservadores en el caso de muchos radionucleidos y deberían revisarse tan pronto se conozcan los radionucleidos presentes.

II.20. Como criterio mínimo, para aplicar el NIO se considera adecuado utilizar un instrumento de monitorización de la contaminación que proporcione una respuesta igual o más conservadora que la supuesta al establecerse los NIO. El procedimiento siguiente podrá utilizarse para comprobar si un instrumento en particular cumple o no el criterio mínimo y puede emplearse para aplicar los criterios operacionales respecto del NIO1, el NIO2 y el NIO4 que figuran en el cuadro 8:

- 1) Garantizar que el instrumento pueda indicar los contajes/s (o contajes/min) en los rangos de valores NIO consignados en el cuadro 8.
- 2) En el caso de un monitor beta, asegurar que pueda detectar los emisores beta de energía alta (p. ej.,  $^{32}\text{P}$ ) y baja (p. ej.,  $^{14}\text{C}$ ). No se requiere que sean detectables los emisores muy débiles (p. ej.,  $^{63}\text{Ni}$ ).



## CUADRO 8. NIO POR DEFECTO PARA LAS MEDICIONES DE EXPLORACIONES SOBRE EL TERRENO

NIO	Valor de NIO	Medida de respuesta (según proceda) si se excede el NIO
<i>Mediciones ambientales</i>		
NIO1	Gamma ( $\gamma$ ) – 1 000 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m de la superficie o una fuente	— Evacuar inmediatamente o proporcionar refugio importante <sup>a</sup> — Disponer lo necesario para la descontaminación de los evacuados <sup>b</sup>
	2 000 contajes/s – medición directa de contaminación beta ( $\beta$ ) en la superficie <sup>c</sup>	— Reducir la ingestión inadvertida <sup>c</sup> — Detener el consumo de productos locales <sup>d</sup> , agua de lluvia y leche de animales que pastan en la zona — Registrar a los evacuados y adoptar disposiciones para su examen médico
	50 contajes/s – medición directa de contaminación alfa ( $\alpha$ ) en la superficie <sup>f</sup>	— Si una persona ha manipulado una fuente con una tasa de dosis igual o superior a 1 000 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m <sup>e</sup> , disponer lo necesario para su examen médico inmediato
NIO2	Gamma ( $\gamma$ ) – 100 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m de la superficie o una fuente	— Detener el consumo de productos locales <sup>d</sup> , agua de lluvia y leche de animales que pastan en la zona hasta que hayan sido examinados y se hayan evaluado los niveles de contaminación empleando el NIO5 y el NIO6
	200 contajes/s – medición directa de contaminación beta ( $\beta$ ) en la superficie <sup>f</sup>	— Realojar temporalmente a los residentes de la zona; antes de realojarlos, reducir la ingestión inadvertida <sup>c</sup> ; registrar a los que se encontraban en la zona y calcular la dosis para determinar si se justifica el examen médico; el realojamiento de las personas de las zonas con la mayor exposición potencial debería comenzar en unos días
	10 contajes/s – medición directa de contaminación alfa ( $\alpha$ ) en la superficie <sup>f</sup>	— Si una persona ha manipulado una fuente con una tasa de dosis igual o superior a 100 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m <sup>e</sup> , disponer lo necesario para su examen médico y evaluación; las mujeres embarazadas que hayan manipulado esa fuente deberían recibir evaluación médica inmediata y debería evaluarse la dosis que han recibido
NIO3	Gamma ( $\gamma$ ) – 1 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m de la superficie	— Detener el consumo de productos locales <sup>d</sup> no esenciales <sup>g</sup> , agua de lluvia y leche de animales <sup>h</sup> que pastan en la zona hasta que se hayan examinado y se hayan evaluado los niveles de contaminación utilizando el NIO5 y el NIO6
	20 contajes/s – medición directa de contaminación beta ( $\beta$ ) en la superficie <sup>f,i</sup>	— Examinar los productos locales, el agua de lluvia y la leche de los animales <sup>h</sup> que pastan en la zona hasta, como mínimo, 10 veces la distancia a la que se exceda el NIO3 y evaluar las muestras utilizando el NIO5 y el NIO6
	2 contajes/s medición directa de contaminación alfa ( $\alpha$ ) en la superficie <sup>f,i</sup>	— Considerar la posibilidad de aplicar el bloqueo <sup>j</sup> de yodo en el tiroides en el caso de productos de fisión nuevos <sup>k</sup> y de contaminación por yodo si no se dispone inmediatamente de reemplazo para productos esenciales <sup>g</sup> o leche de producción local — Calcular la dosis de las personas que puedan haber consumido alimentos, leche o agua de lluvia de la zona en que se aplicaron restricciones para determinar si se justifica el examen médico

CUADRO 8. NIO POR DEFECTO PARA LAS MEDICIONES DE EXPLORACIONES SOBRE EL TERRENO (cont.)

NIO	Valor de NIO	Medida de respuesta (según proceda) si se excede el NIO
		<i>Contaminación de la piel</i>
NIO4	Gamma ( $\gamma$ ) – 1 $\mu$ Sv/h a 10 cm de la piel	— Disponer lo necesario para la descontaminación de la piel <sup>b</sup> y reducir la ingestión inadvertida <sup>c</sup> — Registrar y adoptar disposiciones para el examen médico
	1 000 contajes/s – medición directa de contaminación beta ( $\beta$ ) de la piel <sup>f</sup>	
	50 contajes/s – medición directa de contaminación alfa ( $\alpha$ ) de la piel <sup>f</sup>	

**Nota:** Los NIO deberían revisarse tan pronto se conozcan los radionucleidos presentes. Los NIO también deberían revisarse, en caso necesario, como parte del proceso de preparación, para que sean más compatibles con los instrumentos que se vayan a utilizar durante la respuesta. No obstante, los NIO por defecto que figuran en este cuadro pueden utilizarse sin someterlos a revisión para efectuar una evaluación conservadora inmediatamente.

- <sup>a</sup> Dentro de salas cerradas de edificios grandes de varios pisos o de estructuras grandes de mampostería y lejos de las paredes o ventanas.
- <sup>b</sup> Si no es posible la descontaminación inmediata, recomendar a los evacuados que se cambien de ropa y se duchen lo antes posible. En las referencias [18, 21] se formulan orientaciones sobre el proceso de descontaminación.
- <sup>c</sup> Recomendar a los evacuados que no beban, coman o fumen y que mantengan las manos lejos de la boca hasta que se laven.
- <sup>d</sup> Productos locales son los alimentos cultivados en espacios abiertos que pueden quedar directamente contaminados por la emisión y que se consumen en un período de semanas (p.ej., verduras).
- <sup>e</sup> Este criterio de tasa de dosis externa solo se aplica a las fuentes selladas peligrosas y no precisa ser revisado en una emergencia.
- <sup>f</sup> Se realiza aplicando una buena práctica de monitorización de la contaminación.
- <sup>g</sup> La restricción del consumo de alimentos esenciales podría provocar efectos graves en la salud (p.ej., malnutrición grave) y, por tanto, los alimentos esenciales solo deberían restringirse si se dispone de alimentos de reemplazo.
- <sup>h</sup> Aplicar el 10 % del NIO3 para la leche de animales pequeños (p.ej., cabras) que pastan en la zona.
- <sup>i</sup> La sedimentación por lluvia de los descendientes del radón natural de período corto puede producir tasas de contaje cuatro o más veces mayores que la tasa de contaje de fondo. Estas tasas no deberían confundirse con las tasas de sedimentación debidas a la emergencia. Las tasas de contaje debidas a los descendientes del radón disminuirán rápidamente después que cese de llover y deberían volver a los niveles de fondo normales en unas pocas horas.
- <sup>j</sup> Solo durante varios días y únicamente si no se dispone de alimentos de reemplazo.
- <sup>k</sup> Productos de fisión producidos en el último mes y que, por tanto, contienen grandes cantidades de yodo.

- 3) Calcular los coeficientes instrumentales (CI) utilizando las eficiencias  $4\pi$  medidas (es decir, deducidas del factor de calibración) o conocidas (p.ej., las facilitadas por el fabricante) para radionucleidos emisores beta de energía alta y baja y un radionucleido emisor alfa (según proceda) utilizando la fórmula:

$$CI = W_{\text{monitor}} \times \theta_{\text{monitor}} \quad (5)$$

donde

$CI$  es el coeficiente instrumental ((contajes/s  $\times$  cm<sup>2</sup>)/Bq);

$W_{\text{monitor}}$  es la zona eficaz de la ventana del detector (cm<sup>2</sup>);

$\theta_{\text{monitor}}$  es la eficiencia dependiente de la energía para una geometría  $4\pi$  cerca de la superficie y en condiciones ideales (contajes/s  $\times$  Bq<sup>-1</sup>).

- 4) Si los valores CI son mayores o iguales que lo siguiente, el instrumento es adecuado:

— Para emisores beta de energía media o alta (p.ej., <sup>36</sup>Cl) — 1;

— Para emisores beta de energía baja (p.ej., <sup>14</sup>C) — 0,2;

— Para emisores alfa — 0,5.

Un monitor beta debería cumplir los criterios relacionados con la energía beta tanto alta como baja.

Estos criterios fueron establecidos de modo que la mayoría de los instrumentos de monitorización de la contaminación disponibles habitualmente den una respuesta igual o mayor (es decir, más conservadora) que la respuesta supuesta al establecerse los NIO por defecto. No obstante, la respuesta de los instrumentos que cumplen estos criterios mínimos puede variar por un factor de hasta 20, fundamentalmente a causa de las diferencias en la zona eficaz del detector. Por consiguiente, los NIO que figuran en el cuadro 8 deberían revisarse, si procede, para que sean más compatibles con las características de los instrumentos que se vayan a utilizar durante la respuesta. Ello debe hacerse como parte del proceso de preparación.

II.21. El proceso de evaluación de las concentraciones de radionucleidos en los alimentos, la leche y el agua se presenta en la figura 5. En primer lugar, deberían examinarse los alimentos potencialmente contaminados en una amplia zona y analizarse para determinar las concentraciones alfa y beta aproximadas si esto puede hacerse más rápidamente que evaluar la concentración de determinados

radionucleidos. Si los niveles de control del NIO5 (véase el cuadro 9) no se exceden, los alimentos, la leche y el agua son seguros para el consumo durante la fase de emergencia. Si se supera un nivel NIO5, deberían determinarse las concentraciones específicas de radionucleidos en los alimentos, la leche o el agua. Si se rebasan los niveles NIO6 consignados en el cuadro 10, debería detenerse el consumo de alimentos no esenciales, leche o agua, y deberían sustituirse los alimentos esenciales, la leche y el agua o realojarse a las personas si no se dispone de reemplazos. Por último, deberían cumplirse cuanto antes las orientaciones formuladas en la referencia [29] para determinar si los alimentos, la leche o el agua son adecuados para el comercio internacional, y deberían utilizarse los criterios nacionales o las orientaciones de la OMS [30] para determinar si los alimentos, la leche o el agua son adecuados para el consumo a largo plazo después de la fase de emergencia.

II.22. En los cuadros 9 y 10 se indican los NIO para evaluar los alimentos, la leche y el agua (véase también el cuadro 11). Estos NIO se aplican a los radionucleidos presentes en los alimentos, la leche y el agua destinados al consumo humano (no son aplicables para los alimentos deshidratados o los alimentos concentrados). Los NIO para los alimentos, la leche y el agua que figuran en los cuadros 9 y 10 se calcularon atendiendo a las siguientes hipótesis conservadoras:

- Todos los alimentos, la leche y el agua están inicialmente contaminados y se consumen durante todo un año.
- Se utilizan los factores de conversión de dosis y las tasas de ingestión dependientes de la edad más restrictivos (es decir, los aplicables a los lactantes).

El criterio genérico de 10 mSv por año (y no de 100 mSv por año, como se indica en el cuadro 3, en que deben tomarse medidas de protección tempranas) se empleó para asegurar que las personas que no fueron realojadas de las zonas afectadas no reciban una dosis total (incluida la dosis debida a la ingestión) mayor de 100 mSv por año.

II.23. El  $^{40}\text{K}$  radiactivo se encuentra normalmente en los alimentos y el agua. No se acumula en el cuerpo pero se mantiene a un nivel constante independientemente de la absorción<sup>14</sup> [30]. La contribución del  $^{40}\text{K}$  debería, por

---

<sup>14</sup> En la respuesta al accidente de Chernóbil ocurrido en 1986, en algunos casos el  $^{40}\text{K}$  se confundió con el  $^{137}\text{Cs}$  y se descartaron productos aun cuando no contenían prácticamente ningún cesio radiactivo [31].

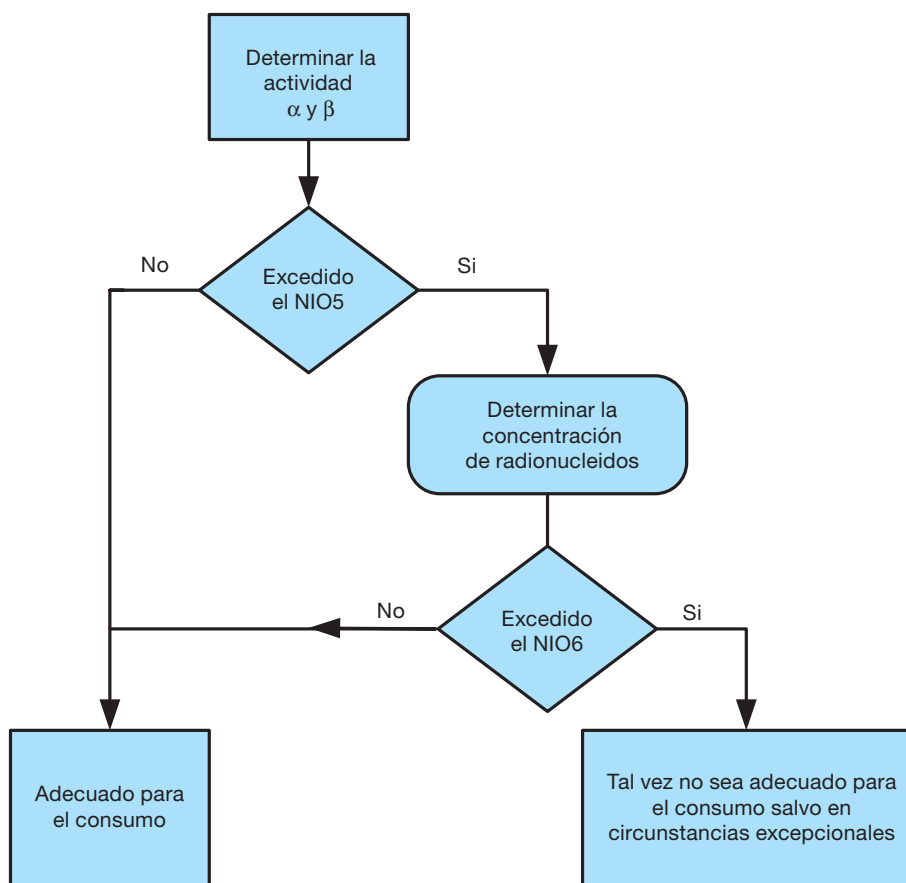


Fig. 5. Proceso de evaluación de las concentraciones de radionucleidos en los alimentos, la leche y el agua.

tanto, sustraerse después de determinarse por separado el contenido total de potasio. La actividad beta del  $^{40}\text{K}$  incluido en el potasio natural es 27,6 Bq/g. Este es el factor que debería utilizarse para calcular la actividad beta debida al  $^{40}\text{K}$  (referencia [29], párrafo 9.4.2).

*El texto continúa en la pág. 52.*

CUADRO 9. NIO POR DEFECTO PARA EL CONTROL DE CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO

NIO	Valor NIO	Medida de respuesta si se excede el NIO
NIO5	Beta ( $\beta$ ) aproximado: 100 Bq/kg	Por encima del NIO5: Evaluar utilizando el NIO6
	o	Por debajo del NIO5: Seguro para el
	Alfa ( $\alpha$ ) aproximado: 5 Bq/kg	consumo durante la fase de emergencia

CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO

Radionucleido	NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido	NIO6 (Bq/kg)
H-3	$2 \times 10^5$	Sc-44	$1 \times 10^7$
Be-7	$7 \times 10^5$	Sc-46	$8 \times 10^3$
Be-10	$3 \times 10^3$	Sc-47	$4 \times 10^5$
C-11	$2 \times 10^9$	Sc-48	$3 \times 10^5$
C-14	$1 \times 10^4$	Ti-44	$6 \times 10^2$
F-18	$2 \times 10^8$	V-48	$3 \times 10^4$
Na-22	$2 \times 10^3$	V-49	$2 \times 10^5$
Na-24	$4 \times 10^6$	Cr-51	$8 \times 10^5$
Mg-28	$4 \times 10^5$	Mn-52	$1 \times 10^5$
Al-26	$1 \times 10^3$	Mn-53	$9 \times 10^4$
Si-31	$5 \times 10^7$	Mn-54	$9 \times 10^3$
Si-32	$9 \times 10^2$	Mn-56	$3 \times 10^7$
P-32	$2 \times 10^4$	Fe-52	$2 \times 10^6$
P-33	$1 \times 10^5$	Fe-55	$1 \times 10^4$
S-35	$1 \times 10^4$	Fe-59	$9 \times 10^3$
Cl-36	$3 \times 10^3$	Fe-60	$7 \times 10^1$
Cl-38	$3 \times 10^8$	Co-55	$1 \times 10^6$
K-40	NA <sup>b,c</sup>	Co-56	$4 \times 10^3$
K-42	$3 \times 10^6$	Co-57	$2 \times 10^4$

<sup>a</sup> “+” indica radionucleidos con descendientes enumerados en el cuadro 11 que se supone que estén en equilibrio con el radionucleido predecesor y que, por tanto, no deben ser considerados independientemente al evaluar el cumplimiento de los NIO.

<sup>b</sup> NA: no aplicable.

<sup>c</sup> La dosis recibida de la ingestión de <sup>40</sup>K no se considera de interés porque el <sup>40</sup>K no se acumula en el cuerpo y se mantiene a un nivel constante independientemente de la absorción [29].

CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO (cont.)

Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)
K-43		$4 \times 10^6$	Co-58		$2 \times 10^4$
Ca-41		$4 \times 10^4$	Co-58m		$9 \times 10^7$
Ca-45		$8 \times 10^3$	Co-60		$8 \times 10^2$
Ca-47	+	$5 \times 10^4$	Ni-59		$6 \times 10^4$
Ni-63		$2 \times 10^4$	Sr-89		$6 \times 10^3$
Ni-65		$4 \times 10^7$	Sr-90	+	$2 \times 10^2$
Cu-64		$1 \times 10^7$	Sr-91		$3 \times 10^6$
Cu-67		$8 \times 10^5$	Sr-92		$2 \times 10^7$
Zn-65		$2 \times 10^3$	Y-87	+	$4 \times 10^5$
Zn-69		$6 \times 10^8$	Y-88		$9 \times 10^3$
Zn-69m	+	$3 \times 10^6$	Y-90		$9 \times 10^4$
Ga-67		$1 \times 10^6$	Y-91		$5 \times 10^3$
Ga-68		$2 \times 10^8$	Y-91m		$2 \times 10^9$
Ga-72		$1 \times 10^6$	Y-92		$1 \times 10^7$
Ge-68	+	$3 \times 10^3$	Y-93		$1 \times 10^6$
Ge-71		$5 \times 10^6$	Zr-88		$3 \times 10^4$
Ge-77		$6 \times 10^6$	Zr-93		$2 \times 10^4$
As-72		$4 \times 10^5$	Zr-95	+	$6 \times 10^3$
As-73		$3 \times 10^4$	Zr-97	+	$5 \times 10^5$
As-74		$3 \times 10^4$	Nb-93m		$2 \times 10^4$
As-76		$4 \times 10^5$	Nb-94		$2 \times 10^3$
As-77		$1 \times 10^6$	Nb-95		$5 \times 10^4$
Se-75		$4 \times 10^3$	Nb-97		$2 \times 10^8$
Se-79		$7 \times 10^2$	Mo-93		$3 \times 10^3$
Br-76		$3 \times 10^6$	Mo-99	+	$5 \times 10^5$
Br-77		$5 \times 10^6$	Tc-95m	+	$3 \times 10^4$
Br-82		$1 \times 10^6$	Tc-96		$2 \times 10^5$
Rb-81		$8 \times 10^7$	Tc-96m		$2 \times 10^9$
Rb-83		$7 \times 10^3$	Tc-97		$4 \times 10^4$
Rb-84		$1 \times 10^4$	Tc-97m		$2 \times 10^4$
Rb-86		$1 \times 10^4$	Tc-98		$2 \times 10^3$
Rb-87		$2 \times 10^3$	Tc-99		$4 \times 10^3$

CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO (cont.)

Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)
Sr-82	+	$5 \times 10^3$	Tc-99m		$2 \times 10^8$
Sr-85		$3 \times 10^4$	Ru-97		$2 \times 10^6$
Sr-85m		$3 \times 10^9$	Ru-103	+	$3 \times 10^4$
Sr-87m		$3 \times 10^8$	Ru-105		$2 \times 10^7$
Ru-106	+	$6 \times 10^2$	Sb-126		$3 \times 10^4$
Rh-99		$1 \times 10^5$	Te-121		$1 \times 10^5$
Rh-101		$8 \times 10^3$	Te-121m	+	$3 \times 10^3$
Rh-102		$2 \times 10^3$	Te-123m		$5 \times 10^3$
Rh-102m		$5 \times 10^3$	Te-125m		$1 \times 10^4$
Rh-103m		$5 \times 10^9$	Te-127		$1 \times 10^7$
Rh-105		$1 \times 10^6$	Te-127m	+	$3 \times 10^3$
Pd-103	+	$2 \times 10^5$	Te-129		$2 \times 10^8$
Pd-107		$7 \times 10^4$	Te-129m	+	$6 \times 10^3$
Pd-109	+	$2 \times 10^6$	Te-131		$4 \times 10^8$
Ag-105		$5 \times 10^4$	Te-131m		$3 \times 10^5$
Ag-108m	+	$2 \times 10^3$	Te-132	+	$5 \times 10^4$
Ag-110m	+	$2 \times 10^3$	I-123		$5 \times 10^6$
Ag-111		$7 \times 10^4$	I-124		$1 \times 10^4$
Cd-109	+	$3 \times 10^3$	I-125		$1 \times 10^3$
Cd-113m		$4 \times 10^2$	I-126		$2 \times 10^3$
Cd-115	+	$2 \times 10^5$	I-129		NA <sup>d</sup>
Cd-115m		$6 \times 10^3$	I-131		$3 \times 10^3$
In-111		$1 \times 10^6$	I-132		$2 \times 10^7$
In-113m		$4 \times 10^8$	I-133		$1 \times 10^5$
In-114m	+	$3 \times 10^3$	I-134		$2 \times 10^8$
In-115m		$5 \times 10^7$	I-135		$2 \times 10^6$
Sn-113	+	$1 \times 10^4$	Cs-129		$1 \times 10^7$
Sn-117m		$7 \times 10^4$	Cs-131		$2 \times 10^6$
Sn-119m		$1 \times 10^4$	Cs-132		$4 \times 10^5$
Sn-121m	+	$5 \times 10^3$	Cs-134		$1 \times 10^3$
Sn-123		$3 \times 10^3$	Cs-134m		$3 \times 10^8$

<sup>d</sup> Fuente de radiación no significativa debido a la baja actividad específica.



CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO (cont.)

Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)
Sn-125		$2 \times 10^4$	Cs-135		$9 \times 10^3$
Sn-126	+	$5 \times 10^2$	Cs-136		$4 \times 10^4$
Sb-122		$2 \times 10^5$	Cs-137	+	$2 \times 10^3$
Sb-124		$5 \times 10^3$	Ba-131	+	$1 \times 10^5$
Sb-125	+	$3 \times 10^3$	Ba-133		$3 \times 10^3$
Ba-133m		$9 \times 10^5$	Eu-156		$2 \times 10^4$
Ba-140	+	$1 \times 10^4$	Gd-146	+	$8 \times 10^3$
La-137		$4 \times 10^4$	Gd-148		$1 \times 10^2$
La-140		$2 \times 10^5$	Gd-153		$2 \times 10^4$
Ce-139		$3 \times 10^4$	Gd-159		$2 \times 10^6$
Ce-141		$3 \times 10^4$	Tb-157		$9 \times 10^4$
Ce-143		$5 \times 10^5$	Tb-158		$3 \times 10^3$
Ce-144	+	$8 \times 10^2$	Tb-160		$7 \times 10^3$
Pr-142		$6 \times 10^5$	Dy-159		$7 \times 10^4$
Pr-143		$4 \times 10^4$	Dy-165		$7 \times 10^7$
Nd-147		$6 \times 10^4$	Dy-166	+	$6 \times 10^4$
Nd-149		$8 \times 10^7$	Ho-166		$5 \times 10^5$
Pm-143		$3 \times 10^4$	Ho-166m		$2 \times 10^3$
Pm-144		$6 \times 10^3$	Er-169		$2 \times 10^5$
Pm-145		$3 \times 10^4$	Er-171		$6 \times 10^6$
Pm-147		$1 \times 10^4$	Tm-167		$1 \times 10^5$
Pm-148m	+	$1 \times 10^4$	Tm-170		$5 \times 10^3$
Pm-149		$3 \times 10^5$	Tm-171		$3 \times 10^4$
Pm-151		$8 \times 10^5$	Yb-169		$3 \times 10^4$
Sm-145		$2 \times 10^4$	Yb-175		$4 \times 10^5$
Sm-147		$1 \times 10^2$	Lu-172		$1 \times 10^5$
Sm-151		$3 \times 10^4$	Lu-173		$2 \times 10^4$
Sm-153		$5 \times 10^5$	Lu-174		$1 \times 10^4$
Eu-147		$8 \times 10^4$	Lu-174m		$1 \times 10^4$
Eu-148		$2 \times 10^4$	Lu-177		$2 \times 10^5$
Eu-149		$9 \times 10^4$	Hf-172	+	$2 \times 10^3$
Eu-150b		$3 \times 10^6$	Hf-175		$3 \times 10^4$

CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO (cont.)

Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)
Eu-150a		$4 \times 10^3$	Hf-181		$2 \times 10^4$
Eu-152		$3 \times 10^3$	Hf-182	+	$1 \times 10^3$
Eu-152m		$4 \times 10^6$	Ta-178a		$1 \times 10^8$
Eu-154		$2 \times 10^3$	Ta-179		$6 \times 10^4$
Eu-155		$1 \times 10^4$	Ta-182		$5 \times 10^3$
W-178	+	$2 \times 10^5$	Hg-194	+	$2 \times 10^2$
W-181		$1 \times 10^5$	Hg-195		$2 \times 10^7$
W-185		$2 \times 10^4$	Hg-195m		$8 \times 10^5$
W-187		$1 \times 10^6$	Hg-197		$1 \times 10^6$
W-188	+	$3 \times 10^3$	Hg-197m		$2 \times 10^6$
Re-184		$2 \times 10^4$	Hg-203		$1 \times 10^4$
Re-184m	+	$3 \times 10^3$	Tl-200		$5 \times 10^6$
Re-186		$1 \times 10^5$	Tl-201		$3 \times 10^6$
Re-187		$5 \times 10^5$	Tl-202		$2 \times 10^5$
Re-188		$7 \times 10^5$	Tl-204		$3 \times 10^3$
Re-189		$8 \times 10^5$	Pb-201		$2 \times 10^7$
Os-185		$2 \times 10^4$	Pb-202	+	$1 \times 10^3$
Os-191		$8 \times 10^4$	Pb-203		$2 \times 10^6$
Os-191m		$1 \times 10^7$	Pb-205		$2 \times 10^4$
Os-193		$7 \times 10^5$	Pb-210	+	2,0
Os-194	+	$8 \times 10^2$	Pb-212	+	$2 \times 10^5$
Ir-189		$2 \times 10^5$	Bi-205		$7 \times 10^4$
Ir-190		$6 \times 10^4$	Bi-206		$8 \times 10^4$
Ir-192		$8 \times 10^3$	Bi-207		$3 \times 10^3$
Ir-194		$6 \times 10^5$	Bi-210		$1 \times 10^5$
Pt-188	+	$6 \times 10^4$	Bi-210m		$2 \times 10^2$
Pt-191		$9 \times 10^5$	Bi-212	+	$7 \times 10^7$
Pt-193		$8 \times 10^4$	Po-210		5,0
Pt-193m		$3 \times 10^5$	At-211	+	$2 \times 10^5$
Pt-195m		$3 \times 10^5$	Ra-223	+	$4 \times 10^2$
Pt-197		$2 \times 10^6$	Ra-224	+	$2 \times 10^3$
Pt-197m		$1 \times 10^8$	Ra-225	+	$2 \times 10^2$

CUADRO 10. NIO POR DEFECTO ESPECÍFICOS DE RADIONUCLEIDOS PARA CONCENTRACIONES EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA DETERMINADAS EN ANÁLISIS DE LABORATORIO (cont.)

Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)	Radionucleido		NIO6 (Bq/kg)
Au-193		$8 \times 10^6$	Ra-226	+	$2 \times 10^1$
Au-194		$1 \times 10^6$	Ra-228		3,0
Au-195		$2 \times 10^4$	Ac-225		$3 \times 10^3$
Au-198		$3 \times 10^5$	Ac-227	+	5,0
Au-199		$5 \times 10^5$	Ac-228		$7 \times 10^6$
Th-227	+	$9 \times 10^1$	Pu-242		$5 \times 10^1$
Th-228	+	$2 \times 10^1$	Pu-244	+	$5 \times 10^1$
Th-229	+	8,0	Am-241		$5 \times 10^1$
Th-230		$5 \times 10^1$	Am-242m	+	$5 \times 10^1$
Th-231		$2 \times 10^6$	Am-243	+	$5 \times 10^1$
Th-232		4,0	Am-244		$4 \times 10^6$
Th-234	+	$8 \times 10^3$	Am-241/Be-9		$5 \times 10^1$
Pa-230		$5 \times 10^4$	Cm-240		$4 \times 10^3$
Pa-231		$2 \times 10^1$	Cm-241		$3 \times 10^4$
Pa-233		$3 \times 10^4$	Cm-242		$5 \times 10^2$
U-230	+	$8 \times 10^2$	Cm-243		$6 \times 10^1$
U-232		$2 \times 10^1$	Cm-244		$7 \times 10^1$
U-233		$1 \times 10^2$	Cm-245		$5 \times 10^1$
U-234		$2 \times 10^2$	Cm-246		$5 \times 10^1$
U-235	+	$2 \times 10^2$	Cm-247		$6 \times 10^1$
U-236		$2 \times 10^2$	Cm-248		$1 \times 10^1$
U-238	+	$1 \times 10^2$	Bk-247		$2 \times 10^1$
Np-235		$7 \times 10^4$	Bk-249		$1 \times 10^4$
Np-236l	+	$8 \times 10^2$	Cf-248		$2 \times 10^2$
Np-236s		$4 \times 10^6$	Cf-249		$2 \times 10^1$
Np-237	+	$9 \times 10^1$	Cf-250		$4 \times 10^1$
Np-239		$4 \times 10^5$	Cf-251		$2 \times 10^1$
Pu-236		$1 \times 10^2$	Cf-252		$4 \times 10^1$
Pu-237		$2 \times 10^5$	Cf-253		$3 \times 10^4$
Pu-238		$5 \times 10^1$	Cf-254		$3 \times 10^1$
Pu-239		$5 \times 10^1$	Es-253		$5 \times 10^3$
Pu-240		$5 \times 10^1$	Pu-239/Be-9		$5 \times 10^1$
Pu-241		$4 \times 10^3$			

CUADRO 11. CADENAS DE EQUILIBRIO RADIATIVO

Radionucleido predecesor	Radionucleidos descendientes que en la evaluación se consideran en equilibrio con el predecesor
Mg-28	Al-28
Si-32	P-32
Ca-47	Sc-47 (3,8) <sup>a</sup>
Ti-44	Sc-44
Fe-52	Mn-52m
Zn-69m	Zn-69 (1,1)
Ge-68	Ga-68
Sr-90	Y-90
Y-87	Sr-87m
Zr-95	Nb-95 (2,2)
Zr-97	Nb-97m (0,95), Nb-97
Tc-95m	Tc-95 (0,041)
Mo-99	Tc-99m (0,96)
Ru-103	Rh-103m
Ru-106	Rh-106
Pd-103	Rh-103m
Pd-109	Ag-109m
Ag-108m	Ag-108 (0,09)
Ag-110m	Ag-110 (0,013)
Cd-109	Ag-109m
Cd-115	In-115m (1,1)
In-114m	In-114 (0,96)
Sn-113	In-113m
Sn-121m	Sn-121 (0,78)
Sn-126	Sb-126m, Sb-126 (0,14)
Sb-125	Te-125m (0,24)
Te-121m	Te-121
Te-127m	Te-127
Te-129m	Te-129 (0,65)
Te-132	I-132

<sup>a</sup> El valor entre paréntesis es la actividad del radionucleido descendiente, por unidad del predecesor, que se supone que esté presente.

CUADRO 11. CADENAS DE EQUILIBRIO RADIACTIVO (cont.)

Radionucleido predecesor	Radionucleidos descendientes que en la evaluación se consideran en equilibrio con el predecesor
Cs-137	Ba-137m
Ba-131	Cs-131 (5,6)
Ba-140	La-140 (1,2)
Ce-144	Pr-144m (0,018), Pr-144
Pm-148m	Pm-148 (0,053)
Gd-146	Eu-146
Dy-166	Ho-166 (1,5)
Hf-172	Lu-172
Hf-182	Ta-182
W-178	Ta-178a
W-188	Re-188
Re-184m	Re-184 (0,97)
Os-194	Ir-194
Pt-188	Ir-188 (1,2)
Hg-194	Au-194
Pb-202	Tl-202
Pb-210	Bi-210, Po-210
Pb-212	Bi-212 , Tl-208 (0,40), Po-212 (0,71)
Bi-210m	Ti-206
Bi-212	Tl-208 (0,36), Po-212 (0,65)
At-211	Po-211 (0,58)
Rn-222	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212 , Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,65)
Ra-225	Ac-225 (3,0), Fr-221 (3,0), At-217 (3,0), Bi-213 (3,0), Po-213 (2,9), Pb-209 (2,9), Tl-209 (0,067), Pb-209 (0,067)
Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ac-225	Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213 (0,98), Pb-209, Tl-209 (0,022)
Ac-227	Th-227 (0,99), Ra-223 (0,99), Rn-219 (0,99), Po-215 (0,99), Pb-211 (0,99), Bi-211 (0,99), Tl-207 (0,99), Fr-223 (0,014), Ra-223 (0,014), Rn-219 (0,014), Po-215 (0,014), Pb-211 (0,014), Bi-211 (0,014), Tl-207 (0,014)
-----	

CUADRO 11. CADENAS DE EQUILIBRIO RADIATIVO (cont.)

Radionucleido predecesor	Radionucleidos descendientes que en la evaluación se consideran en equilibrio con el predecesor
Th-227	Ra-223 (2,6), Rn-219 (2,6), Po-215 (2,6), Pb-211 (2,6), Bi-211 (2,6), Tl-207 (2,6)
Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Th-229	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213 (0,98), Pb-209 (0,98), Tl-209 (0,02), Pb-209 (0,02)
Th-234	Pa-234m
U-232	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-235	Th-231
U-238	Th-234, Pa-234m
Np-237	Pa-233
Pu-244	U-240, Np-240m
Am-242m	Am-242, Cm-242 (0,83)
Am-243	Np-239

II.24. Se excede el NIO6 si se cumple la siguiente condición:

$$\sum_i \frac{C_{f,i}}{NIO6_i} > 1 \tag{6}$$

donde

$C_{f,i}$  es la concentración de radionucleidos  $i$  en los alimentos, la leche o el agua (Bq/kg);

$NIO6_i$  es la concentración de radionucleidos  $i$  basada el cuadro 10 (Bq/kg).

II.25. Si se excede el NIO6, deberían adoptarse las siguientes medidas:

- Detener el consumo de alimentos no esenciales<sup>15</sup> leche, o agua y realizar una evaluación en función de tasas de consumo realistas. Sustituir con

<sup>15</sup> La restricción del consumo de alimentos esenciales podría causar efectos graves en la salud (p.ej., malnutrición grave).

prontitud los alimentos esenciales, la leche y el agua, o realojar a las personas si no es posible el reemplazo de los alimentos esenciales, la leche o el agua.

- Con respecto a los productos de fisión (p.ej., que contengan yodo) y la contaminación por yodo, considerar la posibilidad de aplicar el bloqueo de yodo en el tiroides si el reemplazo de alimentos esenciales, leche o agua no es inmediatamente posible.
- Calcular la dosis de quienes pueden haber consumido alimentos, leche o agua de lluvia de la zona en que se aplicaron restricciones para determinar si se justifica el examen médico.

## EXPLICACIÓN EN LENGUAJE CLARO

II.26. La experiencia ha demostrado que los encargados de adoptar decisiones toman medidas y el público sigue mejor las instrucciones cuando entienden cómo las medidas facilitan la seguridad de las personas [32]. Por tanto, los NIO por defecto se apoyan explicando en lenguaje claro cómo los criterios y las medidas conexas proveen lo necesario para la seguridad de todos los miembros del público. Además, la experiencia indica que el empleo de criterios demasiado conservadores puede llevar al público a adoptar medidas que producen más daños que beneficios. Los NIO por defecto se establecen aplicando hipótesis objetivamente conservadoras que proporcionan garantías razonables de la seguridad de todos los miembros del público.

II.27. La explicación clara de los NIO por defecto debería basarse en la hipótesis de que los miembros del público que viven en condiciones normales, incluso los que son más vulnerables a la exposición a la radiación, como los niños y las mujeres embarazadas, alcanzarán un nivel de protección acorde a las normas internacionales, siempre que durante la fase de emergencia:

- No reciban una dosis en un órgano que se aproxime al que produce efectos deterministas graves. Los umbrales para el comienzo de efectos deterministas graves figuran en el cuadro 2.
- No reciban una dosis por encima de la cual el riesgo de efectos en la salud (p.ej., cánceres) sea suficientemente alto para que se justifiquen medidas de protección durante una emergencia (criterio genérico de 100 mSv por año, según se indica en el cuadro 3). Por debajo de este criterio genérico, las medidas de protección no siempre se justifican y se tomarán (si acaso) en función de los criterios justificados elaborados, con las partes interesadas,

después de examinar detenidamente las condiciones, incluso el efecto de cualquier medida de protección.

II.28. Las comunicaciones redactadas en lenguaje claro cuyo texto se incluye a continuación pueden transmitirse directamente a los miembros del público a quienes sea aplicable el criterio.

### **Explicación del NIO1 en lenguaje claro**

II.29. La permanencia en la zona en que se exceda el NIO1 puede no ser segura. Las personas que residan en la zona deberán *[insértense las medidas recomendadas apropiadas para el NIO1]* para reducir el riesgo de los efectos en la salud debidos a la radiación.

### **Explicación del NIO2 en lenguaje claro**

II.30. La permanencia en zonas en que se exceda el NIO2 durante un breve tiempo es posible si se adoptan las medidas recomendadas siguientes, pero por períodos más prolongados quizás no sea segura. Trasládese fuera de la zona (realojamiento) en una semana y *[insértense las medidas recomendadas apropiadas para el NIO2]*.

II.31. En las medidas recomendadas para el NIO2 se tienen en cuenta los miembros del público más vulnerables a la exposición a la radiación (p.ej., lactantes y mujeres embarazadas). También se consideran todas las formas en que las personas pueden quedar expuestas a la radiación proveniente de sustancias radiactivas depositadas en el suelo, incluso la inhalación de polvo y la ingestión inadvertida de suciedad (p.ej., manos sucias). En algunos tipos de sustancias radiactivas esta recomendación puede ser demasiado cautelosa, pero se considera prudente hasta que se realice un nuevo análisis. El realojamiento probablemente sea temporal.

### **Explicación del NIO3 en lenguaje claro**

II.32. Si se dispone de otros alimentos en los territorios en que se exceda el NIO3, debe detenerse el consumo de productos locales (p.ej., verduras), leche de animales que pastan en la zona y agua de lluvia hasta que se hayan examinado y declarado seguros. No obstante, si la restricción del consumo probablemente redunde en una malnutrición grave o deshidratación debido a la imposibilidad de sustituir alimentos, leche o agua, estos artículos podrán consumirse durante un breve tiempo hasta que se disponga de los reemplazos necesarios.



II.33. En las medidas recomendadas para los NIO3 se tienen en cuenta los miembros más vulnerables del público (p.ej., lactantes y mujeres embarazadas). En las medidas se supone que todos los alimentos y leche de producción local están contaminados con sustancias radiactivas y que se hace poco (p.ej., lavado) para reducir los niveles de contaminación en los alimentos antes de su consumo. El hecho de que se exceda el NIO3 no significa que los alimentos o leche producidos en la zona no sean seguros; no obstante, es prudente no consumir alimentos locales no esenciales hasta que se realice un análisis más detenido.

### **Explicación del NIO4 en lenguaje claro**

II.34. Toda persona que pueda tener sustancias radiactivas en la piel o la ropa debería adoptar medidas para prevenir la ingestión inadvertida de la sustancia (que tal vez no sea visible). Son medidas apropiadas, por ejemplo, lavarse las manos antes de beber líquidos, comer o fumar, y mantenerlas lejos de la boca hasta que se hayan lavado. Otras medidas pueden ser cambiarse de ropa lo antes posible y ducharse antes de ponerse ropa limpia. La ropa extraída debería colocarse en una bolsa hasta que pueda tratarse adecuadamente. Estas recomendaciones también se aplican a las personas que puedan haber sido monitorizadas. En las medidas recomendadas para el NIO4 se tienen en cuenta los miembros más vulnerables del público (p.ej., lactantes y mujeres embarazadas). Se supone que las personas podrían comer con las manos contaminadas y de este modo ingerir sustancias radiactivas. La monitorización oportuna y la descontaminación inmediata a cargo de expertos tal vez no sea posible, y los niveles de contaminación pueden ser muy difíciles de detectar en condiciones de emergencia, pero las personas potencialmente contaminadas pueden protegerse adoptando las medidas eficaces mencionadas anteriormente.

### **Explicación del NIO5 en lenguaje claro**

II.35. Por debajo del NIO5: Los alimentos, la leche y el agua de origen local han sido examinados, y todos los miembros del público, incluso los lactantes, los niños y las mujeres embarazadas, pueden beber la leche y el agua y comer los alimentos sin riesgo durante la fase de emergencia.

### **Explicación del NIO6 en lenguaje claro**

II.36. Por debajo del NIO6: Los alimentos, la leche y el agua de origen local han sido examinados, y todos los miembros del público, incluidos lactantes, niños y mujeres embarazadas, pueden beber la leche y el agua y comer los alimentos sin riesgo durante la fase de emergencia.

II.37. Por encima del NIO6: Los alimentos, la leche y el agua de origen local han sido examinados y las mediciones indican que se requiere una nueva investigación para permitir el consumo general sin restricciones de estos artículos. Con todo, si la restricción del consumo probablemente produzca una malnutrición grave o deshidratación, debido a que no se dispone de alimentos, leche o agua de sustitución, estos artículos podrán consumirse durante un breve tiempo hasta que se disponga de los reemplazos necesarios.

II.38. En el análisis relativo al NIO6 se consideran los miembros del público más vulnerables (p.ej., lactantes y mujeres embarazadas), y se supone que todos los alimentos, la leche y el agua están contaminados. Por lo tanto, el hecho de que se excedan los criterios tal vez no signifique que no sean adecuados para el consumo los alimentos, el agua o la leche, pero sí podría indicar la necesidad de realizar una investigación más exhaustiva, incluso un examen de las tasas de consumo reales, y un control suplementario.

### **Apéndice III**

#### **ESTABLECIMIENTO DE NAE Y EJEMPLOS DE NAE PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA**

III.1. En la referencia [2], en el párrafo 4.19, se pide que el explotador de una central o una práctica comprendida en la categoría I, II, III o IV (que incluye los reactores de agua ligera) aplique un sistema para clasificar todas las emergencias nucleares y radiológicas potenciales que justifique una intervención de emergencia para proteger a los trabajadores y el público.

III.2. Los sucesos considerados en el sistema de clasificación no deberían ampliarse para incluir todos los sucesos notificables, y deberían limitarse a las alertas y emergencias que requieren medidas in situ inmediatas<sup>16</sup>.

III.3. Las clases de emergencia definidas para las instalaciones comprendidas en las categorías de amenazas I y II son: emergencia general, emergencia en la zona del emplazamiento, emergencia en la central y alerta [2].

III.4. La declaración de una emergencia en cualquiera de estas clases de emergencia debería dar inicio a una respuesta que abarque mucho más de las operaciones normales. Cuatro es el número mínimo de clases. Cada una de ellas da paso a un nivel claramente diferente de respuesta, como se indica en la figura 6.

III.5. En la referencia [2], en el párrafo 4.20, se señala que “Los criterios de clasificación deberán ser los niveles de actuación en caso de emergencia (NAE) previamente definidos que guarden relación con condiciones anormales respecto de la central o práctica, las cuestiones relacionadas con la seguridad, las emisiones de materiales radiactivos, las mediciones ambientales y otras indicaciones observables”.

---

<sup>16</sup> Ejemplos de sucesos que no deberían incluirse en el sistema de clasificación de emergencias son: deficiencias técnicas que rebasen los límites de los códigos de inspección en el servicio; fallo del equipo más allá de los límites de fiabilidad previstos; detección de deficiencias de diseño importantes o de secuencias de accidentes potenciales fuera de la base del diseño de la central; síntomas de deficiencias graves en la capacitación o el comportamiento del operador; incumplimientos de las especificaciones técnicas o del reglamento de transporte; y deficiencias en la cultura de la seguridad.

Alerta	Emergencia en la central	Emergencia en la zona del emplazamiento	Emergencia general
Medidas inmediatas para analizar la situación y mitigar las consecuencias			
	Medidas inmediatas para proteger a quienes se hallan en el emplazamiento		
			Preparativos para adoptar medidas de protección fuera del emplazamiento
			Medidas inmediatas para proteger al público fuera del emplazamiento

*Fig. 6. Relación de las medidas de respuesta en el sistema de clasificación. (Nota: Las medidas no se presentan en secuencia de ejecución).*

III.6. A continuación figuran ejemplos de situaciones que pueden originar una emergencia general:

- Daños reales o proyectados<sup>17</sup> al núcleo del reactor o grandes cantidades de combustible recién descargado junto con daños reales en las barreras o sistemas críticos de seguridad que hagan muy probable una emisión de sustancias radiactivas;
- Detección de niveles de radiación fuera del emplazamiento que justifiquen medidas de protección urgentes;
- Un acto doloso que haga imposible monitorizar o controlar los sistemas críticos de seguridad necesarios para prevenir una emisión, o que dé lugar a exposiciones fuera del emplazamiento que puedan originar dosis que justifiquen medidas de protección urgentes.

III.7. Ejemplos de situaciones que pueden originar una emergencia en la zona del emplazamiento son los siguientes:

- Una reducción importante del nivel de defensa en profundidad previsto para el núcleo del reactor o el combustible activamente refrigerado;
- Una reducción importante en la protección contra una criticidad accidental;
- Condiciones en las que cualquier nuevo fallo puede producir una emergencia general;
- Dosis fuera del emplazamiento cercanas a los niveles de intervención establecidos para las medidas de protección urgentes;

---

<sup>17</sup> Los “daños proyectados” se indican como la consecuencia de una pérdida de las funciones de seguridad crítica necesarias para proteger el núcleo o grandes cantidades de combustible recién descargado.

- Un acto doloso con posibilidades de alterar las funciones de seguridad crítica o de provocar una emisión importante o exposiciones graves.

III.8. A continuación se señalan ejemplos de situaciones que podrían originar una emergencia en la central:

- Una emergencia en la manipulación del combustible, incluida la caída de un contenedor de transporte de combustible<sup>18</sup>;
- Un incendio en la instalación u otra emergencia que no afecte a los sistemas de seguridad;
- Una actividad dolosa o delictiva (p.ej., extorsión o chantaje) que origine condiciones peligrosas en el emplazamiento pero sin posibilidades de causar una criticidad o una emisión fuera del emplazamiento que justifique medidas de protección urgentes;
- La pérdida de blindaje o control de un emisor gamma potente o de combustible gastado;
- Ruptura de una fuente peligrosa;
- Altas dosis en el emplazamiento cercanas a los niveles de intervención establecidos para las medidas de protección urgentes;
- Dosis que excedan los límites establecidos para el personal ocupacionalmente expuesto, incluso trabajadores en actividades de transporte o manipulación, e incluso casos de altos valores confirmados medidos por monitores de radiación de zonas o procesos o derivados de mediciones de contaminación;
- Derrames de petróleo o productos químicos que constituyen un peligro para el medio ambiente;
- Disturbios civiles (p.ej., demostraciones en las inmediaciones de una central nuclear).

III.9. Las alertas son sucesos que no representan una emergencia pero que justifican la pronta activación de las partes de la entidad de respuesta del interior del emplazamiento que prestan apoyo al personal de explotación.

---

<sup>18</sup> La caída de un contenedor de transporte de combustible y un accidente de manipulación del combustible se consideran emergencias en la central porque no pueden dar lugar a dosis que justifiquen medidas de protección fuera del emplazamiento.

## ANTECEDENTES TÉCNICOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS EN RELACIÓN CON LOS REACTORES DE AGUA LIGERA

III.10. Esta clasificación se elaboró para que fuera lo más independiente posible de los diseños de reactores de agua ligera. El objetivo que se persigue es establecer una clasificación que pueda considerarse como referencia útil para los diversos diseños de reactores de agua ligera utilizados en todo el mundo. Cuando se aplique tendrán que considerarse los elementos específicos del diseño del reactor de que se disponga.

III.11. El sistema de clasificación se fundamenta en el hecho de que para que ocurran una emisión grave y altas tasas de dosis en el emplazamiento deben producirse daños del núcleo a la par que fallos del confinamiento.

III.12. Las clases de emergencia están asociadas a la probabilidad cada vez mayor de que existan condiciones que causen daños del núcleo o altas dosis dentro o fuera del emplazamiento, o a la certeza de que existen esas condiciones. Este sistema de clasificación brinda al personal presente en el emplazamiento las mejores oportunidades para mitigar las consecuencias del suceso y a los encargados de la respuesta fuera del emplazamiento la mayor oportunidad para adoptar medidas de protección eficaces para el público.

## APLICACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

III.13. Los criterios empleados para clasificar los sucesos se denominan niveles de actuación de emergencia (NAE). Un NAE es un umbral predeterminado para un elemento observable que coloca a la central y las entidades de respuesta fuera del emplazamiento en estado de preparación para una emergencia ante una clase de emergencia determinada. Hay dos tipos fundamentalmente diferentes de NAE: los basados en síntomas y los basados en hechos. Los NAE basados en síntomas son las lecturas de instrumentos específicos del emplazamiento (p.ej., un nivel de presión del sistema de refrigeración del reactor más alto que un nivel determinado) u otros umbrales observables o cuantificables (p.ej., el fallo de sistemas de suministro eléctrico de emergencia indicado por un parámetro específico). Los NAE basados en hechos son criterios más subjetivos que requieren el dictamen del personal de explotación. Un ejemplo de un NAE basado en un hecho sería un “incendio detectado en una zona en que haya sistemas de seguridad de importancia crítica”.

III.14. Cuando sea posible, deberían utilizarse los NAE basados en síntomas porque hacen el proceso de clasificación más oportuno y menos sujeto a error. En las instalaciones en que los sistemas importantes de seguridad se monitorizan mediante instrumentos y alarmas, una gran parte de los NAE puede basarse en síntomas, mientras que los procedimientos de clasificación para instalaciones sencillas con pocos instrumentos consistirán casi exclusivamente en NAE basados en hechos.

III.15. El presente apéndice contiene dos cuadros que proporcionan ejemplos de NAE para clasificar los sucesos<sup>19</sup>. El cuadro 12 se relaciona con un reactor en modo de explotación, de espera o de parada en caliente. En estos modos, todas las barreras de productos de fisión, instrumentos y sistemas de seguridad están instalados y en estado operativo. El cuadro 13 tiene que ver con los reactores en modo de parada en frío (sistema de refrigeración del reactor cerrado y temperatura del refrigerante del sistema de refrigeración del reactor inferior a 100 °C) o en modo de recarga de combustible. En estos modos se reduce considerablemente la cantidad de energía del sistema de refrigeración del reactor, la generación de calor de desintegración y los productos de fisión de período corto. Además, en estos modos pueden no estar instalados el sistema de refrigeración del reactor y la contención (p.ej., la cabeza de la vasija de presión del reactor puede haberse retirado) y tal vez se requieran menos sistemas de seguridad e instrumentos en funcionamiento. El alcance de estos dos cuadros que se presentan con anterioridad determina condiciones límite conservadoras para el criterio esencial, es decir, si el sistema de refrigeración del reactor está precintado o no precintado (es decir, abierto a la atmósfera).

III.16. Los criterios señalados en los cuadros están organizados para facilitar la clasificación más rápida posible de un suceso que pueda originar una emisión grave. Los criterios aparecen en el orden siguiente: 1) deterioro de una función de seguridad crítica; 2) pérdida de barreras de productos de fisión; 3) mayores niveles de radiación en el emplazamiento; 4) mayores niveles de radiación fuera del emplazamiento; 5) sucesos vinculados a la seguridad, incendios, explosiones, emisiones de gases tóxicos, sucesos naturales y otros de distinto carácter; y 6) sucesos relacionados con la piscina del combustible gastado.

---

<sup>19</sup> No se incluyen ejemplos de NAE para una emergencia en una instalación porque no se han realizado investigaciones ni estudios genéricos para individualizar la diversidad de posibles emergencias en instalaciones que podrían utilizarse como firme base para formular esos ejemplos. Por consiguiente, los sucesos que se clasifiquen como emergencia en la instalación y los NAE utilizados para su clasificación deberían basarse en el análisis específico del emplazamiento.

III.17. Los cuadros 12 y 13 contienen ejemplos de NAE en que se tienen en cuenta los elementos del sistema de clasificación. Por tanto, los NAE consignados en los cuadros deberían sustituirse por NAE específicos del emplazamiento. En este proceso son aplicables las siguientes orientaciones:

- Es indispensable que el procedimiento de clasificación específico del emplazamiento sea expedito (que pueda concluirse en unos minutos) y pueda utilizarse fácilmente en un suceso.
- Deberían tomarse precauciones para que los procedimientos de clasificación puedan utilizarse en condiciones de accidente, cuando la carga de trabajo y el estrés son considerables.
- En el establecimiento de los NAE también debería tenerse en cuenta el comportamiento de los instrumentos en una emergencia. Los cuadros 12 y 13 incluyen notas sobre hechos que deberían considerarse al emplear varios instrumentos en una emergencia. No todos los instrumentos son aptos para funcionar en condiciones extremas de accidente.
- Los NAE específicos del emplazamiento deberían basarse en las unidades de los instrumentos y la terminología que se empleen en la central.
- Una vez que se haya establecido el sistema de NAE, este debería comprobarse y/o validarse en ejercicios y sesiones de repaso para asegurar que pueda utilizarlo el personal de la sala de control asignado en condiciones de emergencia.
- La fase final de ejecución consiste en revisar el sistema de clasificación con los funcionarios del exterior del emplazamiento. Los funcionarios del exterior del emplazamiento que reciban la tarea de aplicar las medidas de protección u otras medidas de respuesta previstas en una clasificación deberían actuar de conformidad con lo establecido en el sistema de clasificación.
- Los NAE y los procedimientos correspondientes deberían revisarse atendiendo a la experiencia operacional y los conocimientos adquiridos en los ejercicios.

## PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN DE ACCIDENTES Y CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

III.18. Los objetivos principales de la gestión de accidentes consisten en prevenir la escalada de un suceso para evitar que se convierta en un accidente grave, mitigar las consecuencias de un accidente grave una vez que ha sucedido y lograr un estado estable de seguridad a largo plazo.



III.19. El personal de la sala de control principal aplica los procedimientos operacionales de emergencia encaminados a prevenir accidentes en sucesos no relacionados con un accidente grave. Las directrices para la gestión de accidentes graves se elaboran para hacer frente a un accidente grave, si ocurriera alguno; las directrices para la gestión de accidentes graves se emplean fundamentalmente por el centro de apoyo técnico de la entidad explotadora o el centro de control de emergencias para recomendar medidas de mitigación al personal de la sala de control principal y los grupos de emergencia del exterior del emplazamiento.

III.20. En el párrafo 4.19 de la referencia [2] se indica que el explotador “deberá adoptar disposiciones para la pronta identificación de una emergencia nuclear o radiológica, real o potencial, y la determinación del nivel de respuesta correspondiente”.

III.21. Las condiciones que justifican la utilización de procedimientos operacionales de emergencia se clasificarían como constitutivas de una emergencia y darían lugar a una respuesta de emergencia predeterminada en el emplazamiento. Una vez que existan condiciones de daños reales o inminentes del núcleo, se debería pasar de los procedimientos operacionales de emergencia a las directrices de gestión de accidentes graves.

III.22. Los procedimientos operacionales de emergencia y las directrices de gestión de accidentes graves deberían integrarse en la estructura orgánica definida en el plan de emergencia de la central y coordinarse con el plan para garantizar una respuesta coherente y coordinada a las condiciones de accidente grave. Las condiciones de la central mencionadas en los procedimientos operacionales de emergencia y las directrices de gestión de accidentes graves deberían incluir información clara relativa a las condiciones de entrada de los accidentes en la clasificación de accidentes establecida para declarar NAE apropiados en el emplazamiento.

III.23. Como parte de la aplicación de los procedimientos operacionales de emergencia específicos de la central y de las directrices de gestión de accidentes graves, el plan de emergencia debería revisarse en lo referente a las medidas que se deberían adoptar después de aplicar los procedimientos operacionales de emergencia y las directrices de gestión de accidentes graves para asegurar que no haya conflictos. Debería velarse por que no se produzcan conflictos con las disposiciones adoptadas en relación con la seguridad física, la lucha contra incendios y el apoyo proveniente del exterior del emplazamiento, como el prestado por el personal de lucha contra incendios o los servicios de seguridad del exterior del emplazamiento.

III.24. En el párrafo 4.7 de la referencia [2] se señala que se deberá asegurar que “la transición a la respuesta de emergencia y la aplicación de las medidas de respuesta iniciales no afecte a la capacidad del personal de explotación (como el personal de la sala de control) para seguir los procedimientos necesarios inherentes a la seguridad de las operaciones y adoptar medidas de mitigación”.

## HIPÓTESIS TÉCNICAS

III.25. Los ejemplos de NAE incluidos en los cuadros 12 y 13 se basan en el gran número de investigaciones de accidentes graves realizadas con respecto a los reactores de agua ligera (como los reactores de agua a presión, los reactores de agua en ebullición y los reactores moderados por agua y refrigerados por agua). Los NAE deberían abarcar todos los sucesos posibles en un reactor de agua ligera que puedan producir altas dosis en el emplazamiento o una emisión grave. Con todo, deberían compararse con los resultados de cualquier evaluación probabilista de la seguridad específica del emplazamiento de que se disponga para asegurar que se aborden todos los accidentes graves.

III.26. Los tres niveles posibles de emergencia indicados en los cuadros 12 y 13 se definen de la manera siguiente [27]:

*Emergencia general:* Sucesos causantes de una emisión real o un riesgo considerable de emisión que exigen la aplicación de medidas de protección urgentes fuera del emplazamiento. Se incluyen a) daños graves reales<sup>20</sup> o daños graves proyectados en el núcleo o en grandes cantidades de combustible gastado, o b) emisiones fuera del emplazamiento causantes de una dosis superior a los niveles de intervención fijados para las medidas de protección urgentes. Cuando se declare este nivel de emergencia deberían adoptarse inmediatamente medidas de protección urgentes para el público que se encuentre cerca de la central.

*Emergencia en la zona del emplazamiento.* Sucesos que dan por resultado una gran reducción del nivel de protección del personal del emplazamiento o del público. Se incluyen: i) una reducción importante del nivel de protección previsto para el núcleo o para grandes cantidades de combustible gastado; ii) condiciones en que nuevos fallos podrían provocar daños en el núcleo o el combustible gastado; o iii) dosis altas en el emplazamiento o dosis fuera del emplazamiento cercanas a los niveles de intervención fijados para las medidas de protección

---

<sup>20</sup> Daños graves causantes de una emisión superior al 20 % del inventario del huelgo.

urgentes. Para esta clase de emergencia deberían tomarse medidas destinadas a controlar la dosis del personal del interior del emplazamiento y adoptarse disposiciones para aplicar medidas de protección fuera del emplazamiento.

*Alerta.* Sucesos relacionados con un descenso desconocido o importante del nivel de protección del personal del interior del emplazamiento y del público. Para esta clase de emergencia se incrementa el estado de disposición de las entidades de respuesta del interior y el exterior del emplazamiento y se efectúan evaluaciones suplementarias.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<b>Deterioro de la función de seguridad crítica</b>			
No se detiene la reacción nuclear <sup>1</sup>	No se produce una parada de emergencia cuando el nivel de potencia es superior al 5 % <i>[o insértese el nivel de potencia específico del emplazamiento]<sup>2</sup></i> y si se plantea cualquiera de las situaciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>— Margen de refrigeración negativo del reactor de agua en ebullición basado en la figura 7</li><li>— Nivel del agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo</li><li>— Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples</li><li>— Otra indicación de daños reales o inminentes del núcleo</li></ul>	No se produce una parada de emergencia cuando el nivel de potencia es superior al 5 % <i>[o insértese el nivel de potencia específico del emplazamiento]</i> y las condiciones anormales indican que es necesaria una parada de emergencia automática o manual	No se produce una parada total (aumento del flujo neutrónico) <sup>3</sup> como parte de una parada normal con suficiente extracción de calor disponible (sumidero final de calor disponible y suficiente)
Refrigeración del núcleo inadecuada — nivel de la vasija <sup>4</sup>	El nivel de agua de la vasija está, o se prevé que esté, por debajo del tope del combustible activo durante más de 15 min	El nivel de la vasija de agua está, o se prevé que esté, por debajo del tope del combustible activo	Descenso del nivel de agua de la vasija durante un período más prolongado que el previsto mientras los sistemas responden según el diseño

<sup>1</sup> "Detención de la reacción nuclear" es una expresión general que incluye la "parada de emergencia del reactor", que solo se utiliza para introducir las barras de control en el reactor.

<sup>2</sup> El fallo de la parada de emergencia del reactor se suele evaluar si la potencia nominal del reactor es superior al 5 % y las condiciones indican que la parada de emergencia es necesaria (los sistemas de seguridad suelen ser capaces de extraer el calor rápidamente con una tasa de calentamiento inferior al 5 % de la potencia nominal). En algunas centrales deberían utilizarse valores diferentes, específicos de la central.

<sup>3</sup> El aumento del flujo neutrónico es un síntoma explícito de que el reactor no está totalmente en régimen de parada.

<sup>4</sup> La refrigeración inadecuada del núcleo se caracteriza por tres tipos de condiciones de entrada: nivel de la vasija, temperatura del núcleo y capacidad de extracción del calor de desintegración. Estas condiciones son válidas tanto para los reactores de agua a presión como para los reactores de agua en ebullición, y se añaden a la temperatura del sistema primario, que es pertinente solo para los reactores de agua a presión.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<p><b>Notas</b> sobre la medición del nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los niveles del presurizador del reactor de agua a presión quizás no sean indicadores válidos del nivel de agua de la vasija en condiciones de accidente</li> <li>Los niveles de agua del reactor de agua a presión medidos en la vasija pueden arrojar incertidumbres considerables (30 %) y solo deberían utilizarse para la evaluación de tendencias</li> <li>Los accidentes causados por la alta temperatura de la cámara de presión del reactor de agua en ebullición y la baja presión (p.ej., LOCA), pueden producir una lectura errónea del nivel de agua</li> </ul>	<p>El nivel de agua de la vasija está, o se prevé que esté, por debajo del tope del combustible activo y cualquiera de las circunstancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La tasa de inyección de la vasija es inferior a <i>[utilícese la figura 8 y las curvas de capacidad frente a presión de las bombas en funcionamiento]</i><sup>o</sup></li> <li>Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples <sup>u</sup></li> <li>Otras indicaciones de daños inminentes o reales del núcleo</li> </ul> <p><b>Nota:</b> El fallo inminente del sistema de refrigeración del reactor o el fallo de la barrera de contención podrían considerarse criterios suplementarios.<sup>5</sup></p>		
Refrigeración inadecuada del núcleo — temperatura del núcleo <sup>6</sup>	Lectura del par termoelectrico de medición de la temperatura del núcleo superior a 800 °C	Lectura del par termoelectrico de medición de la temperatura del núcleo superior a 650 °C	Lectura del par termoelectrico de medición de la temperatura del núcleo superior a 370 °C
Refrigeración inadecuada del núcleo — extracción del calor de desintegración (considerando las operaciones de bombas, tuberías, intercambiadores de calor, sumideros de calor, suministro eléctrico, fluido auxiliar)	Fallo real o fallo proyectado a largo plazo de la capacidad para extraer el calor de desintegración en el medio ambiente, que afecta potencialmente a la capacidad para proteger el núcleo	Indisponibilidad del sistema de alimentación de agua normal para extraer el calor de desintegración <sup>7</sup>	

<sup>5</sup> En caso de daños del núcleo, la situación del sistema de contención del reactor y de las barreras de contención afectará notablemente a la magnitud de la emisión de los productos de fisión.

<sup>6</sup> La temperatura elevada de salida del núcleo es un síntoma directo de degradación de la refrigeración del núcleo. Por tanto, este síntoma se emplea como condición de entrada para determinar la refrigeración inadecuada del núcleo. La temperatura crítica del agua por encima de la cual no puede existir agua líquida independientemente de la presión del sistema es de 370 °C; 650 °C es un valor empleado normalmente para la refrigeración inadecuada del núcleo en los procedimientos de emergencia e indica que la reacción del vapor–Zr comenzará produciendo hidrógeno; 800 °C indica daños del núcleo que comienzan cuando el núcleo alcanza aproximadamente 1 200 °C.

<sup>7</sup> El agua de alimentación normal se utiliza para extraer el calor en estos modos. Si no se dispone de agua de alimentación, deberían utilizarse fuentes de agua alternativas para la alimentación del generador de vapor.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Reactor de agua a presión — temperatura anormal del sistema primario (refrigeración inadecuada del núcleo)  <b>Nota:</b> La temperatura debería medirse en la vasija. La mayoría de los reactores de agua a presión tienen pares termoelectrónicos de medición de la temperatura del núcleo en la vasija. Utilícese el promedio de las lecturas más altas de los cuatro pares termoelectrónicos. Si hay flujo de agua, la temperatura de la rama caliente ( $T_{caliente}$ ) podría utilizarse si no se dispone de los pares termoelectrónicos de medición de la temperatura del núcleo, aunque esta indicación es menos rápida. <sup>8</sup>  Para los reactores de agua en ebullición no hay instrumentos que proporcionen una lectura válida de la temperatura del núcleo.	Reactor de agua a presión — margen de refrigeración negativo basado en la figura 7 o la temperatura del sistema primario excede de la escala durante más de 15 min [o insértese el tiempo específico del emplazamiento en que son posibles daños del núcleo después de un accidente con pérdida de refrigerante] y cualquiera de las circunstancias siguientes:  — Tasa de inyección de la vasija menor que la pérdida de agua debido a la tasa de evaporación del calor de desintegración [utilícese la figura 8 y las curvas de capacidad frente a presión de las bombas en funcionamiento] <sup>9</sup>  — Nivel del agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo  — Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples  — Otras indicaciones de daños del núcleo reales o inminentes  <b>Nota:</b> El fallo inminente del sistema de refrigeración del reactor o el fallo de la barrera de contención podrían considerarse criterios suplementarios. <sup>10</sup>	Reactor de agua a presión — margen de refrigeración negativo basado en la figura 7 durante más de 15 min [o insértese el tiempo específico del emplazamiento en que son posibles daños del núcleo después de un accidente con pérdida de refrigerante]  <b>Nota:</b> El margen de refrigeración negativo se lee tan pronto la temperatura del sistema supera la temperatura de saturación en la presión regulada en las válvulas de seguridad del sistema de refrigeración del reactor. <sup>11</sup>	Reactor de agua a presión — la presión y la temperatura del sistema primario indican un margen de refrigeración negativo basado en la figura 7 durante más de 5 min

<sup>8</sup> La  $T_{caliente}$  sirve de refuerzo en lo que respecta a la temperatura del núcleo, ya que el flujo a través del núcleo no puede confirmarse fácilmente y los cambios de la  $T_{caliente}$  son retardados en relación con la temperatura de salida del núcleo.

<sup>9</sup> Esto describe con más exactitud los fenómenos que se producen dentro de la vasija del reactor.

<sup>10</sup> En caso de que se produzcan daños en el núcleo, la situación del sistema de refrigeración del reactor y las barreras de contención afectará considerablemente a la magnitud de la emisión de los productos de fisión.

<sup>11</sup> Si no puede establecerse un flujo adecuado de inyección del refrigerante para restablecer la extracción de calor del núcleo, el líquido del sistema de refrigeración del reactor comienza a saturarse. Si la temperatura del sistema es más alta que la temperatura de saturación en la presión regulada de las válvulas de seguridad del sistema de refrigeración del reactor, esto impide la mayor presurización del sistema de refrigeración del reactor.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Pérdida de fuentes de corriente alterna o de corriente directa	<p>Pérdida real o proyectada de toda la corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de refuerzo probablemente durante más de 45 min <i>[o insértese el tiempo específico requerido del emplazamiento para dejar al descubierto el núcleo durante más de 15 min]</i></p> <p>Pérdida de toda la corriente alterna o la corriente directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y cualquiera de las circunstancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Nivel de agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo</li> <li>— Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples</li> <li>— Otra indicación de daños reales o inminentes del núcleo</li> </ul>	<p>Pérdida real o proyectada de la corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de refuerzo durante más de 30 min <i>[o insértese el tiempo específico requerido del emplazamiento para dejar al descubierto el núcleo]</i></p>	<p>La corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de refuerzo se pierde o se reduce a una sola fuente</p>
Condiciones de causa desconocida que afectan a los sistemas de seguridad	<div> <div></div> <div>Condiciones que no se comprenden y que podrían afectar potencialmente a los sistemas de seguridad</div> </div>		

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Pérdida o degradación del control de los sistemas de seguridad, incluida la instrumentación post- accidente <sup>12</sup>	Indisponibilidad de instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control y lugares de control a distancia y cualquiera de las circunstancias siguientes:  — Nivel de agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo  — Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples  — Otras indicaciones de daños reales o inminente del núcleo	Indisponibilidad de instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control durante más de 15 min y transitorio importante en progreso que afecta potencialmente a la capacidad para proteger el núcleo	Funcionamiento no fiable de varios instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control durante más de 15 min
<b>Pérdida de barreras de productos de fisión</b>			
Aumento importante del riesgo de daños del núcleo o el combustible gastado  <b>Nota:</b> Pueden ocurrir daños en el núcleo si este queda al descubierto durante más de 15 min.	Pérdida durante más de 45 min de todos los sistemas necesarios para proteger el núcleo o el combustible gastado <i>(o insértese el tiempo requerido del emplazamiento específico para dejar al descubierto el núcleo durante más de 15 min)</i>	El fallo de un componente adicional del sistema de seguridad hará que quede al descubierto el núcleo o el combustible gastado	Fallos reales o pronosticados que solo dejarán funcionando un circuito para impedir daños del núcleo y del combustible gastado y una emisión importante

<sup>12</sup> La capacidad de control del sistema de seguridad puede degradarse o perderse por completo; ambos casos están consignados. Se considera el funcionamiento no fiable de varios instrumentos o alarmas del sistema de seguridad y la indisponibilidad de instrumentos o controles del sistema de seguridad. La instrumentación post-accidente proporciona la información esencial sobre el refuerzo y control del funcionamiento del sistema de seguridad y se incluye.



CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Alta concentración de <sup>131</sup> I en el refrigerante primario	La concentración de <sup>131</sup> I es mayor que [insértese los valores específicos para la emisión del 10 % del inventario del núcleo]	La concentración de <sup>131</sup> I es mayor que [insértese el valor específico del emplazamiento para indicar la emisión del 20 % del inventario del huelgo]	La concentración de <sup>131</sup> I es mayor que [insértese el valor específico del emplazamiento 100 veces mayor que las especificaciones técnicas u otros límites operacionales]
<p><b>Nota:</b> No deberían tomarse muestras de refrigerante si estas producen dosis individuales altas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilícenso solo concentraciones de muestras tomadas después del comienzo del suceso</li> <li>— Tal vez no sean representativas las concentraciones de refrigerante</li> <li>— Se supone que el núcleo tal vez no pueda refrigerarse después de una fusión del 10 %</li> </ul>			
Daños del núcleo confirmados	[Insértese las lecturas específicas del emplazamiento relativas al sistema de muestreo post-accidente <sup>13</sup> que indican la emisión del 20 % del inventario del huelgo <sup>14</sup> ]	[Insértese las lecturas específicas del emplazamiento relativas al sistema de muestreo post-accidente que indican la emisión del 1 % del inventario del huelgo]	

<sup>13</sup> La referencia al fallo de un monitor de combustible en un reactor de agua a presión y de un monitor de descarga gaseosa en un reactor de agua en ebullición se sustituye por la referencia al sistema de muestreo post-accidente.

<sup>14</sup> El inventario del huelgo es la cantidad de productos de fisión presentes en el huelgo de la varilla combustible durante las operaciones normales.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Fuga del sistema primario	Fuga del sistema primario que requiere que todos los sistemas de refrigeración del núcleo normales y de emergencia de alta presión mantengan el nivel de agua del sistema primario <sup>15</sup> y cualquiera de las circunstancias siguientes:  — Inyección en la vasija menor que la tasa indicada en la figura 8 o — Nivel del agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo y descendiendo o — Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples u — Otras indicaciones de daños reales o inminentes del núcleo  <b>Nota:</b> El fallo inminente de la barrera de contención podría considerarse como criterio suplementario <sup>16</sup> .	Fuga del sistema primario durante más de 15 min que requiere que todos los sistemas de refrigeración del núcleo normales y de emergencia de alta presión mantengan el nivel de agua del sistema primario [insértese los indicadores específicos del emplazamiento]	Tasa de fuga del sistema primario durante más de 15 min superior al 2 % del flujo normal de agua de alimentación a plena potencia normal <sup>17</sup> (en el caso del reactor de agua en ebullición, remítase al sistema de control del inventario de refrigerante del reactor) [insértese los indicadores específicos del emplazamiento — otra opción sería hacer referencia al flujo de carga normal]

<sup>15</sup> El criterio fue sustituido por el mismo requisito utilizado para la emergencia en la zona del emplazamiento para referirse a la tasa de fuga y no al sistema operacional (antes engarzado) de refrigeración del núcleo.

<sup>16</sup> En el caso de un accidente con pérdida de refrigerante y daños del núcleo, la situación de la barrera de contención afectará directamente a la magnitud de la emisión de los productos de fisión.

<sup>17</sup> En lugar de la tasa de fuga con respecto al número de bombas en funcionamiento se utiliza la tasa de fuga con respecto al flujo normal de agua de alimentación para la explotación normal a plena potencia. Esta especificación de la tasa de fuga responde mejor a la preocupación ante un accidente con pérdida de refrigerante (es decir, para garantizar una refrigeración suficiente del núcleo). En algunas centrales la tasa de fuga también debería determinarse en función de la tasa de flujo de carga normal.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Fuga del sistema primario directamente a la atmósfera, como por ejemplo:	Fuga del sistema primario directamente a la atmósfera y cualquiera de las circunstancias siguientes:	— Fuga del sistema primario directamente a la atmósfera <sup>18</sup>  o — Reactor de agua a presión: fuga importante del sistema primario al secundario <sup>19</sup>	Reactor de agua a presión: fuga del sistema primario al secundario que requiere el funcionamiento continuo de un número de bombas de carga mayor que el que se utiliza normalmente <sup>20</sup> para mantener el nivel de agua del sistema primario
— Reactor de agua en ebullición: fallo de la válvula principal de aislamiento de vapor fuera de la contención	— Nivel de agua de la vasija proyectado o confirmado por debajo del tope del combustible activo  o — Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples  u — Otras indicaciones de daños del núcleo reales o inminentes		Reactor de agua en ebullición: fallo de la válvula principal de aislamiento de vapor sin pérdida de la integridad de las tuberías de vapor conectadas a la turbina y/o el condensador <sup>21</sup>
— Fuga con fallo de la contención para lograr aislamiento			
— Una central sin contención			

Niveles de radiación

Tasas de emisión de efuentes 100 veces mayores que los límites de emisión	Lecturas de monitores de efuentes durante más de 15 min superiores a [insértese la lista específica del emplazamiento de monitores de efuentes y las lecturas que indican que en 1 hora las dosis fuera del emplazamiento serán superiores a los niveles de intervención para las medidas de protección urgentes, suponiendo condiciones meteorológicas normales]	Lecturas de monitores de efuentes durante más de 15 min superiores a [insértese la lista específica del emplazamiento de monitores de efuentes y las lecturas que indican que en 4 horas las dosis fuera del emplazamiento serán superiores a una décima de los niveles de intervención para las medidas de protección urgentes, suponiendo condiciones meteorológicas normales]	Lecturas de monitores de efuentes durante más de 15 min superiores a [insértese la lista específica de monitores de efuentes del emplazamiento y lecturas que indican tasas 100 veces mayores que los límites de emisión]
---	---	--	---

<sup>18</sup> Toda fuga primaria significativa directamente a la atmósfera causará emisiones de productos de fisión al medio ambiente, y será necesario adoptar medidas inmediatas para detener la fuga.  
<sup>19</sup> En el caso de los reactores de agua a presión, una fuga importante del sistema primario al sistema secundario causará emisiones de productos de fisión al medio ambiente, y será necesario adoptar medidas inmediatas para detener la fuga.  
<sup>20</sup> En lo que concierne a los reactores de agua a presión, una fuga del sistema primario al sistema secundario a una tasa por encima de la capacidad del sistema de carga normal podrá causar rápidamente emisiones de productos de fisión al medio ambiente, y será necesario adoptar medidas apropiadas para detener la fuga.  
<sup>21</sup> Con respecto a los reactores de agua en ebullición, el fallo de la válvula principal de aislamiento de vapor sin pérdida de integridad de la tubería de vapor conectada a la turbina y/o el condensador podría causar emisiones tempranas de productos de fisión al medio ambiente, y será necesario adoptar medidas apropiadas para detener la fuga.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Niveles de radiación altos en la sala de control u otras zonas a las que se debe acceder constantemente para la operación y el mantenimiento del sistema de seguridad	Niveles de radiación superiores a 10 mSv/h	Niveles de radiación superiores a 1 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 0,10 mSv/h con una duración potencial de varias horas
<b>Nota:</b> El monitor puede arrojar lecturas incoherentes debido a una mezcla incompleta, un monitor averiado o la irradiación desde un sistema contaminado cercano. Los monitores pueden mostrar una variabilidad alta, baja o central si no funcionan correctamente. Pueden confirmarse las lecturas utilizando monitores manuales fuera de la zona.			
Niveles de radiación altos en zonas que deben ocuparse ocasionalmente para mantener o controlar los sistemas de seguridad	Niveles de radiación superiores a 100 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 10 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 1 mSv/h con una duración potencial de varias horas
Niveles de radiación de contención elevados (para reactores de agua en ebullición, cámara de presión) <sup>22</sup>	Niveles de radiación de contención superiores a 5 Gy/h [o insértese lectura específica del emplazamiento que indica una emisión mayor que el 20 % del inventario del hueigo]	Niveles de radiación de contención superiores a 1 Gy/h [o insértese lectura específica del emplazamiento que indica una emisión mayor que el 1 % del inventario del hueigo]	Niveles de radiación de contención superiores a 0,10 mGy/h [o insértese lectura específica del emplazamiento que indica una emisión mayor que el 10 % del inventario de refrigerante]
<b>Nota:</b> El monitor puede arrojar lecturas incoherentes debido a una mezcla incompleta, un monitor averiado o la irradiación desde un sistema contaminado cercano <sup>23</sup> . Los monitores pueden mostrar una variabilidad alta, baja o central si no funcionan correctamente. Pueden confirmarse las lecturas utilizando monitores manuales fuera de la zona.			

<sup>22</sup> En el caso de los reactores de agua en ebullición resulta más apropiada la cámara de presión que la contención.

<sup>23</sup> La radiación proveniente de un sistema contaminado cercano también podría afectar a los monitores de radiación dentro de la contención.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Aumento imprevisto en los niveles de radiación de la central	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más y cualquier otra indicación de daños reales del núcleo	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más y está en curso un transitorio importante que afectará potencialmente a la capacidad para proteger el núcleo	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más
Tasas de dosis ambientales altas en el límite del emplazamiento o más allá <sup>24</sup>	Tasas de dosis ambientales en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 1 mSv/h [o insertarse el nivel de intervención operacional del emplazamiento para la evacuación; véase el procedimiento B1 en la referencia [27]]	Tasas de dosis ambientales en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 0,1 mSv/h [o insertarse una décima del nivel de intervención operacional del emplazamiento para la evacuación; véase el procedimiento B1 en la referencia [27]]	Tasas de dosis ambientales en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 10 µSv/h [o insertarse lectura específica del emplazamiento que indique 100 veces el fondo]
<b>Sucesos de seguridad física, incendios, explosiones, emisiones de gases tóxicos, sucesos naturales y de otra índole</b>			
Suceso de seguridad física (intrusión o acto doloso)	Suceso de seguridad física causante de la pérdida de la capacidad para monitorizar y controlar las funciones de seguridad necesarias para proteger el núcleo	Suceso de seguridad física causante de daños en los sistemas de seguridad o que limita el acceso <sup>25</sup> a ellos	Suceso de seguridad física con posibilidades de afectar al funcionamiento del sistema de seguridad, o condiciones de seguridad inciertas
Incendio o explosión (incluso fallo de la turbina)			Incendio o explosión que afectará posiblemente a zonas que contienen sistemas de seguridad
Gases tóxicos o inflamables incluso, en el caso de los reactores de agua en ebullición, hidrógeno en la cámara de presión <sup>26</sup>		Concentraciones de gases inflamables que impiden el control o mantenimiento de los sistemas de seguridad	Gases tóxicos o inflamables en la central
-----			
<sup>24</sup> La tasa de dosis ambiental se suele medir en el límite del emplazamiento. No obstante, si se dispone de cualquier medición de la tasa de dosis ambiental más allá del límite del emplazamiento, esta podrá utilizarse para los fines de este NAE.			
<sup>25</sup> Cambio de redacción para que quede mejor reflejado el propósito del criterio.			
<sup>26</sup> En los reactores de agua en ebullición, la concentración de hidrógeno en la cámara de presión podría aumentar y causar importantes daños en caso de ignición.			

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Evacuación de la sala de control principal <sup>27</sup>		Ni la sala de control principal ni la sala de control de emergencia es habitable	La central puede ser controlada desde la sala de control de emergencia
Desastre natural importante como:		Sucesos naturales importantes causantes de daños o que limitan el acceso a los sistemas de seguridad <sup>28</sup> y/o a los sistemas de extracción del calor de desintegración o que afectan a su funcionamiento a largo plazo	Sucesos naturales importantes que amenazan la seguridad de la central como: — Sucesos que sobrepasan la base de diseño de la central — Sucesos causantes de la pérdida real o potencial de acceso al emplazamiento durante un período prolongado
— Terremoto			
— Tornado			
— Inundación			
— Vientos fuertes			
— Colisión de vehículo o aeronave <sup>28</sup>			
— Huracán			
— Tsunami			
— Marea tormentosa			
— Nivel de agua bajo			
— Caída de un rayo <sup>29</sup>			
Pérdida de comunicaciones <sup>31</sup>			Sucesos causantes de la pérdida real o potencial de las comunicaciones del emplazamiento durante un período prolongado

<sup>27</sup> Nuevo NAE: en caso de que se deba evacuar la sala de control principal, la capacidad de controlar la central se verá afectada (la gravedad de la situación dependerá del diseño de la central). Si la sala de control de emergencia se utiliza para controlar la central, una alerta será el NAE apropiado; si tanto la sala de control principal como la sala de control de emergencia se ven afectadas y la central tiene que ser controlada por otros medios, una emergencia en la zona del emplazamiento será el NAE apropiado.

<sup>28</sup> La colisión de una aeronave también podría causar daños graves a la central y reducir su seguridad.

<sup>29</sup> La caída de rayos también podría causar graves daños a la central y reducir su seguridad.

<sup>30</sup> Cambio de redacción para que quede mejor reflejado el propósito del criterio.

<sup>31</sup> Este NAE es nuevo y en él se recogen los elementos que fueron suprimidos en la línea anterior.

CUADRO 12. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA REACTORES DE AGUA LIGERA EN MODO DE EXPLOTACIÓN, DE ESPERA O DE PARADA EN CALIENTE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Opinión del supervisor de turno de la central	Condiciones que justifican adoptar medidas de protección urgentes fuera del emplazamiento	Condiciones que justifican preparar al público para aplicar medidas de protección urgentes	Condiciones anormales que justifican obtener asistencia adicional inmediata para el personal de operaciones en el emplazamiento
		Condiciones que justifican adoptar medidas de protección en el emplazamiento	Condiciones anormales que justifican aumentar la preparación de los funcionarios del exterior del emplazamiento
<b>Sucesos en la piscina del combustible gastado</b>			
Condiciones anormales en la recarga de combustible o en el combustible gastado	Piscina drenada totalmente que contiene más de un tercio de un núcleo retirado del reactor en los últimos 3 años	Nivel de agua por debajo del tope del combustible irradiado	Pérdida de capacidad para mantener el nivel de agua por encima del combustible gastado
	Nivel de radiación en la zona de la piscina superior a 3 Gy/h	Nivel de radiación en la zona de la piscina superior a 30 mGy/h	Daños del combustible gastado
			Pérdida de la capacidad para mantener la temperatura del agua de la piscina por debajo de 80 °C <sup>32</sup>
<sup>32</sup> La alta temperatura en la piscina del combustible gastado es resultado de la degradación de la extracción del calor del combustible gastado, y esta temperatura también debería utilizarse como otro síntoma de condiciones anormales en la recarga de combustible o en el combustible gastado.			

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<b>Deterioro de la función de seguridad crítica</b>			
Incapacidad para mantener la central en estado de parada seguro (subcrítico) <sup>a</sup>	Incapacidad para mantener el reactor en una condición subcrítica y cualquiera de las circunstancias sigüientes: <ul style="list-style-type: none"><li>— Tasa de inyección de la vasija inferior a lo indicado en la figura 8</li><li>— Nivel de agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo</li><li>— Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples</li><li>— Otras indicaciones de daños reales o inminentes del núcleo o del combustible gastado</li></ul>	Incapacidad para mantener el reactor en condición subcrítica	

<sup>a</sup> La incapacidad para mantener la central en estado de parada seguro (subcrítico) también es una preocupación en el modo de parada en frío y en el modo de recarga de combustible. Puesto que todas las barras de control se insertan en el núcleo y no hay medios para introducir inmediatamente reactividad negativa en el núcleo, la dilución de boro en el sistema de refrigeración del reactor podría llevar al reactor a la condición de criticidad. Ello aumentaría la temperatura del sistema de refrigeración del reactor y, debido al coeficiente negativo de reactividad térmica, se introduciría reactividad negativa en el núcleo. Este proceso está en parte autocontrolado. No obstante, en caso de incapacidad para mantener el reactor en condición subcrítica, será necesario adoptar medidas inmediatas para que el reactor vuelva a esa condición. La alerta y la emergencia en la zona del emplazamiento serán NAE apropiados en este caso, ya que en este proceso el tiempo no es un factor tan crítico como en la operación a potencia o en el modo de espera en caliente o de parada en caliente.



CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Refrigeración inadecuada del núcleo del reactor de agua a presión — temperatura anormal del sistema primario <sup>b</sup>  <b>Nota:</b> Se debería medir la temperatura en la vasija. La mayoría de los reactores de agua a presión tienen pares termoelectrónicos de medición de las temperaturas en la vasija. Utilícese el promedio de las cuatro lecturas más altas de los pares termoelectrónicos. La temperatura de la rama caliente ( $T_{caliente}$ ) podría también utilizarse si no se dispone de pares termoelectrónicos de medición de la temperatura del núcleo, aunque esta indicación es menos rápida <sup>c</sup>	Temperatura del sistema primario del reactor de agua a presión superior a 90°C y cualquiera de las circunstancias siguientes:  — Tasa de inyección de la vasija menor que la pérdida de agua debida a la tasa de evaporación del calor de desintegración <i>utilícese la figura 8 y las curvas de capacidad frente a presión de las bombas en funcionamiento</i> <sup>d</sup>  — Nivel del agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo  — Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples  — Otras indicaciones de daños inminentes del núcleo o el combustible gastado	Temperatura del sistema primario del reactor de agua a presión superior a 90°C durante más de 30 min  <b>Nota:</b> El límite de 90 °C se aplica al modo de recarga de combustible; para el modo de parada en frío este límite debe sustituirse por la temperatura correspondiente a la presión de alivio del sistema de mitigación de sobrepresiones en frío <sup>e</sup>	Temperatura del sistema primario del reactor de agua a presión superior a 80°C

<sup>b</sup> Deberían utilizarse temperaturas diferentes que caractericen la refrigeración inadecuada del núcleo en el caso de los reactores de agua a presión para los modos de parada en frío y de recarga de combustible. Durante la recarga de combustible la cabeza superior del reactor se retrae y el sistema de refrigeración del reactor solo puede estar en presión atmosférica. La temperatura del sistema de refrigeración del reactor se mantiene a bajo nivel. El aumento de la temperatura del sistema de refrigeración del reactor es un síntoma de refrigeración inadecuada del núcleo, y deberían adoptarse medidas inmediatas para restaurar la refrigeración del núcleo. Para las temperaturas superiores a 80 °C, la alerta será el NAE apropiado. Si la temperatura del sistema de refrigeración del reactor sigue aumentando, esta situación es más grave y el NAE apropiado será la emergencia en la zona del emplazamiento.

<sup>c</sup> La  $T_{caliente}$  sirve de refuerzo en lo que respecta a la temperatura del núcleo; no obstante, el flujo de agua a través del núcleo no podrá confirmarse fácilmente y después que cambia la temperatura de salida del núcleo se producen cambios en la  $T_{caliente}$ .

<sup>d</sup> Esto describe con más exactitud los fenómenos que se producen dentro de la vasija del reactor.

<sup>e</sup> Si el sistema de refrigeración del reactor no está precintado, 90 °C es el valor de temperatura apropiado para este NAE. Con todo, si el sistema de refrigeración del reactor está precintado y la temperatura del sistema de refrigeración del reactor puede incrementarse sin pérdida de subrefrigeración, el valor apropiado será la temperatura correspondiente a la temperatura de saturación en la presión de alivio del sistema de mitigación de sobrepresiones en frío.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Nivel anormal de agua en la vasija de presión o en la zona de recarga de combustible (refrigeración inadecuada del núcleo o el combustible gastado) <sup>f</sup>	<p>El nivel del agua está, o se proyecta que esté, por debajo del tope del combustible activo durante más de 30 min</p> <p>El nivel del agua está, o se proyecta que esté, por debajo del límite máximo de combustible activo y cualquiera de las circunstancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— La tasa de inyección de la vasija es inferior a <i>[utilícese la figura 8 y las curvas de capacidad frente a presión de las bombas en funcionamiento]</i><sup>g</sup></li><li>— Aumentos importantes (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples <sup>u</sup></li><li>— Otras indicaciones de daños inminentes del núcleo</li></ul>	<p>El nivel del agua está, o se proyecta que esté, por debajo del tope del combustible activo</p>	<p>El nivel del agua está, o se proyecta que esté, por debajo de la elevación del bucle medio y la extracción de calor residual se interrumpie durante más de 15 min</p>
Pérdida de fuentes de corriente alterna o de corriente directa	<p>Pérdida real o proyectada de toda la corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de resguardo<sup>h</sup>, probablemente durante más de 90 min <i>[o insértese el tiempo específico del emplazamiento necesario para dejar al descubierto el núcleo o el combustible gastado durante más de 30 min]</i></p>	<p>Pérdida real o proyectada de toda la corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de resguardo durante más de 60 min <i>[o insértese el tiempo específico del emplazamiento necesario para dejar al descubierto el núcleo o el combustible gastado]</i></p>	<p>Corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y sus sistemas de resguardo reducida a una sola fuente</p>

<sup>f</sup> El nivel anormal de agua real o proyectado en la vasija de presión o la zona de recarga de combustible es un síntoma de refrigeración inadecuada del núcleo o el combustible gastado. La gravedad del suceso aumenta a medida que desciende el nivel del agua. Si el nivel del agua es más bajo que lo necesario para extraer el calor residual y no puede restaurarse, deberían adoptarse medidas inmediatas para restaurar la refrigeración del núcleo. Para este nivel del agua la alerta será el NAE apropiado.

<sup>g</sup> Esto describe con más exactitud los fenómenos que se producen dentro de la vasija del reactor.

<sup>h</sup> El funcionamiento de los sistemas de resguardo de los sistemas de seguridad es una condición necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
	Pérdida de toda la corriente alterna o directa necesaria para el funcionamiento de los sistemas de seguridad y cualquiera de las circunstancias siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Nivel del agua de la vasija por debajo del tope del combustible activo <div>o</div> </li> <li>— Aumento importante (100 a 1 000 veces) en monitores de radiación múltiples <div>u</div> </li> <li>— Otra indicación de daños reales o inminentes del núcleo</li> </ul>		
Condiciones de causa desconocida que afectan a los sistemas de seguridad			Condiciones que no se comprenden y que podrían afectar potencialmente a los sistemas de seguridad
Pérdida o degradación del control de los sistemas de seguridad, incluida la instrumentación post-accidente <sup>i</sup>	Indisponibilidad de instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control y lugares de control a distancia y cualquiera de las circunstancias siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Nivel del agua de la vasija proyectado o confirmado por debajo del tope del combustible irradiado <div>o</div> </li> <li>— Aumento importante (100 a 1 000 veces) en los monitores de radiación múltiples <div>u</div> </li> <li>— Otras indicaciones de daños reales o inminentes del núcleo</li> </ul>	Indisponibilidad de los instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control durante más de 30 min y transitorio importante en progreso que afectará potencialmente a la capacidad para proteger el combustible irradiado	Funcionamiento no fiable de algunos instrumentos o controles del sistema de seguridad en la sala de control durante más de 30 min
<div> <div></div> <div> La capacidad de control de los sistemas de seguridad podría degradarse o perderse por completo; ambos casos se indican. </div> </div>			

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<b>Pérdida de barreras de productos de fisión</b>			
Aumento importante del riesgo de daños del núcleo o el combustible gastado	Pérdida durante más de 90 min de todos los sistemas necesarios para proteger el núcleo <i>[o insérrese el tiempo específico del emplazamiento requerido para dejar el núcleo al descubierto durante más de 30 min]</i>	El fallo de uno o más componentes del sistema de seguridad dará lugar a que el núcleo o el combustible gastado quede al descubierto (pérdida de redundancia en los sistemas de seguridad)	Fallos reales o pronosticados del sistema de seguridad que aumentan el riesgo de daños del núcleo o el combustible gastado
Daños confirmados o proyectados del núcleo o el combustible gastado <sup>j</sup>	Emisión confirmada superior al 20 % del inventario del huelgo en el núcleo del reactor	Accidente de manipulación del combustible o emisión confirmada superior al 1 % del inventario del huelgo y aislamiento incompleto de la contención (p.ej., mediante ventilación, cierres)	Accidente de manipulación del combustible y aislamiento de la contención (p.ej., mediante ventilación, cierres)
Fuga del líquido refrigerante del sistema primario <sup>k</sup>			Fuga importante desde la tubería que transporta el líquido refrigerante del sistema primario fuera de la contención (en sistemas de depuración, sistemas de extracción del calor del reactor, etc.)
<div><div>j</div><div>Un accidente de manipulación del combustible o la emisión confirmada de una cantidad significativa del inventario del huelgo pueden causar la emisión de productos de fisión al medio ambiente. En los modos de parada en frío y de recarga de combustible, la contención podría ser la única barrera intacta ante una emisión. En tal caso, deberían adoptarse medidas inmediatas para mitigar o impedir la emisión. En caso de que se aisle la contención, la alerta será la clase de emergencia apropiada, y la emergencia en la zona del emplazamiento quizás sea apropiada si la contención no se aísla por completo.</div><div>k</div><div>Aun cuando una fuga sea menos probable en los modos de parada en frío y de recarga de combustible que en los modos de operación a potencia, de espera en caliente y de parada en caliente, todavía existe una posibilidad de fuga del refrigerante del sistema primario. Si ocurre una fuga que afecte a la refrigeración del núcleo, deberían adoptarse medidas inmediatas para detener la fuga e impedir la pérdida de refrigeración del núcleo. En estos casos será apropiado el NAE de alerta.</div></div>			

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<b>Niveles de radiación</b>			
Tasas de emisión de efluentes 100 veces mayores que los límites de emisión	Lecturas de monitores de efluentes durante más de 15 min superiores a <i>[insértese la lista específica del emplazamiento de monitores de efluentes y las lecturas que indican que en 1 hora las dosis fuera del emplazamiento serán superiores a los niveles de intervención fijados para las medidas de protección urgentes, suponiendo condiciones meteorológicas normales]</i>	Lecturas de monitores de efluentes durante más de 15 min superiores a <i>[insértese la lista específica del emplazamiento de monitores de efluentes y las lecturas que indican que en 4 horas las dosis fuera del emplazamiento serán superiores a una décima de los niveles de intervención fijados para las medidas de protección urgentes, suponiendo condiciones meteorológicas normales]</i>	Lecturas de monitores de efluentes durante más de 15 min superiores a <i>[insértese la lista específica de monitores de efluentes y las lecturas que indican valores 100 veces mayores que los límites de emisión]</i>
Altos niveles de radiación en zonas a las que debe accederse constantemente para la operación y el mantenimiento de los sistemas de seguridad	Niveles de radiación superiores a 10 mSv/h	Niveles de radiación superiores a 1 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 0,10 mSv/h con una duración potencial de varias horas
<b>Nota:</b> El monitor puede arrojar lecturas incoherentes debido a una mezcla incompleta, un monitor averiado o la irradiación desde un sistema contaminado cercano. Los monitores pueden mostrar una variabilidad alta, baja o central si no funcionan correctamente. Pueden confirmarse las lecturas utilizando monitores manuales fuera de la zona.			
Altos niveles de radiación en zonas a las que debe accederse constantemente para la operación y el mantenimiento de los sistemas de seguridad	Niveles de radiación superiores a 100 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 10 mSv/h con una duración potencial de varias horas	Niveles de radiación superiores a 1 mSv/h con una duración potencial de varias horas
-----			

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Niveles de radiación de contención elevados <b>Nota:</b> El monitor puede arrojar lecturas incoherentes debido a una mezcla incompleta, un monitor averiado o la irradiación desde un sistema contaminado en un lugar cercano. Los monitores pueden mostrar una variabilidad alta, baja o central si no funcionan correctamente. Pueden confirmarse las lecturas utilizando monitores manuales fuera de la zona.	Niveles de radiación de contención superiores a 5 Gy/h <i>[o insértese la lectura específica del emplazamiento que indica una emisión mayor que el 20 % del inventario del hueigo]</i>	Niveles de radiación de contención superiores a 1 Gy/h <i>[o insértese la lectura específica del emplazamiento que indica una emisión mayor que el 1 % del inventario del hueigo]</i>	Niveles de radiación de contención que aumentan con mayor rapidez que 0,10 mGy/h <i>[o insértese la lectura específica que indica una emisión mayor que el 10 % de refrigerante]</i>
Aumento imprevisto en los niveles de radiación de la central según indican los monitores	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más y cualquier otra indicación de daños reales del núcleo	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más y un transitorio importante en curso que afectará potencialmente a la capacidad para proteger el núcleo	Los monitores de radiación múltiples de la central indican un aumento no planificado o imprevisto por un factor de 100 o más
Altas tasas de dosis ambiental en el límite del emplazamiento o más allá <sup>1</sup>	Tasas de dosis ambiental en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 1 mSv/h <i>[o insértese el nivel de intervención operacional específico de la central para la evacuación; véase el procedimiento B1 en la referencia [27]]</i>	Tasas de dosis ambiental en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 0,1 mSv/h <i>[o insértese una décima del nivel de intervención operacional específico del emplazamiento para la evacuación; véase el procedimiento B1 en la referencia [27]]</i>	Tasas de dosis ambiental en el límite del emplazamiento o más allá superiores a 10 µSv/h <i>[o insértese la lectura específica del emplazamiento que indica un valor 100 veces mayor que la tasa de dosis debida a los niveles de radiación de fondo]</i>

<sup>1</sup> La tasa de dosis ambiental suele medirse en el límite del emplazamiento. No obstante, si se dispone de cualquier medición de la tasa de dosis ambiental más allá del límite del emplazamiento, esta podrá utilizarse para los fines de este NAE.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
<b>Sucesos de seguridad física, incendios, explosiones, emisiones de gases tóxicos, sucesos naturales y de otra índole</b>			
Suceso de seguridad física (intrusión o acto doloso)	Suceso de seguridad física causante de la pérdida de la capacidad para monitorizar y controlar las funciones de seguridad necesarias para proteger el núcleo	Sucesos de seguridad física causantes de daños o que limitan el acceso a los sistemas de seguridad que deben poder operarse <sup>m</sup>	Suceso de seguridad física con potencial para afectar al funcionamiento del sistema de seguridad, o condiciones inciertas de seguridad física
Incendio o explosión <sup>n</sup>			Incendio o explosión que afectará potencialmente a zonas que contienen sistemas de seguridad
<b>Gases tóxicos o inflamables</b>			
Un desastre natural importante como los siguientes:		Sucesos naturales importantes causantes de daños o que impiden el acceso a los sistemas de seguridad y/o a los sistemas de extracción del calor de desintegración o que afectan a su funcionamiento a largo plazo <sup>i</sup>	Gases tóxicos o inflamables en la central
— Terremoto			Sucesos naturales importantes que amenazan la seguridad de la central como:
— Tornado			— Sucesos más allá de la base de diseño de la central
— Inundaciones			— Sucesos causantes de la pérdida real o potencial del acceso al emplazamiento durante un periodo prolongado
— Vientos fuertes			
— Colisión de vehículo o aeronave <sup>o</sup>			
— Huracán			
— Tsunami			
— Marea tormentosa			
— Bajamar			
— Caída de rayo <sup>p</sup>			

<sup>m</sup> Cambio formal de redacción para transmitir mejor el propósito del criterio. En este NAE se referencian solamente los sistemas de seguridad que deben poder operarse.

<sup>n</sup> La turbina no funciona en los modos de parada en frío y de recarga de combustible.

<sup>o</sup> La colisión de una aeronave también puede causar daños graves a la central y reducir su seguridad.

<sup>p</sup> Las caídas de rayos pueden causar daños graves a la central y reducir su seguridad.

<sup>q</sup> Cambio de redacción para transmitir mejor el propósito del criterio.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS PARA LOS REACTORES DE AGUA LIGERA EN EL MODO DE PARADA EN FRÍO O DE RECARGA DE COMBUSTIBLE (cont.)

Para las siguientes condiciones de entrada:	Declarar una emergencia general si:	Declarar una emergencia en la zona del emplazamiento si:	Declarar una alerta si:
Pérdida de comunicaciones <sup>r</sup>			Sucesos causantes de la pérdida real o potencial de las comunicaciones en el emplazamiento durante un período prolongado
Opinión del supervisor de turno	Condiciones que justifican adoptar medidas de protección urgentes fuera del emplazamiento	Condiciones que justifican preparar al público para aplicar medidas de protección urgentes o adoptar medidas de protección en el emplazamiento	Condiciones anormales que justifican una asistencia adicional inmediata al personal de operaciones del interior del emplazamiento o una mayor preparación de los funcionarios del exterior del emplazamiento
<b>Sucesos relacionados con la piscina del combustible</b>			
Condiciones anormales de recarga del combustible o del combustible gastado	Piscina drenada totalmente que contiene combustible extraído del núcleo del reactor en los últimos 6 meses  Nivel de radiación en la zona de la piscina superior a 3 Gy/h	Nivel de agua por debajo del tope del combustible irradiado  Nivel de radiación en la zona de la piscina superior a 30 mGy/h	Pérdida de la capacidad para mantener el nivel de agua en una piscina que contiene combustible irradiado  Daños en el combustible irradiado  Pérdida de la capacidad para mantener la temperatura del agua de la piscina por debajo de 80 °C <sup>s</sup>

<sup>r</sup> Este NAE es nuevo y recoge los elementos suprimidos en la línea anterior.

<sup>s</sup> La alta temperatura en la piscina de combustible gastado es resultado de una degradación en la extracción de calor del combustible gastado, y esta temperatura también debería utilizarse como otro síntoma de condiciones anormales de la recarga del combustible o del combustible gastado.



## EJEMPLOS DE NAE

III.27. Cuando se utilicen los cuadros 12 y 13 deberían revisarse todas las condiciones de entrada anormales que figuran en la primera columna. La clase para cada condición de entrada aplicable a un caso específico se selecciona ajustando los criterios NAE consignados a la izquierda. El accidente se clasifica en la clase más alta indicada; la clase más alta es “emergencia general” y la más baja “alerta”.

III.28. Estos ejemplos de NAE se basan en un sistema de ejemplos tomado de la referencia [27]. Las modificaciones en las orientaciones originales de la referencia [27] van acompañadas de notas para explicarlas y distinguirlas de las observaciones técnicas incluidas en las orientaciones originales que figuran en la referencia [33]. Esto se hizo para ayudar a los usuarios de las orientaciones anteriores a comprender mejor cómo aplicar las modificaciones. Algunos de los NAE tomados de las orientaciones originales se eliminaron (esto no se menciona en los cuadros).

## MARGEN DE REFRIGERACIÓN–CURVA DE SATURACIÓN

III.29. Una temperatura del sistema primario igual o mayor que la temperatura de saturación indica que el agua está en ebullición en el núcleo. El margen de refrigeración puede aproximarse (pasando por alto las inexactitudes de los instrumentos) sustrayendo la temperatura del refrigerante de la temperatura de saturación con respecto a la presión indicada del sistema primario. En el caso de un reactor de agua a presión, un margen de refrigeración negativo indica que el agua está en ebullición en la vasija de presión del reactor y que el núcleo del reactor puede quedar al descubierto [33].

*Cómo utilizar la figura 7:*

III.30. Determinar la presión y temperatura absolutas en el sistema primario  $T_{ps}$ ; a continuación utilizar los gráficos para determinar la temperatura de saturación  $T_{sat}$ , y, por tanto, el margen de refrigeración, utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{Margen de refrigeración} = T_{sat} - T_{ps}$$

donde

$T_{ps}$  es la temperatura del sistema primario;

$T_{sat}$  es la temperatura de saturación tomada de la figura 7.

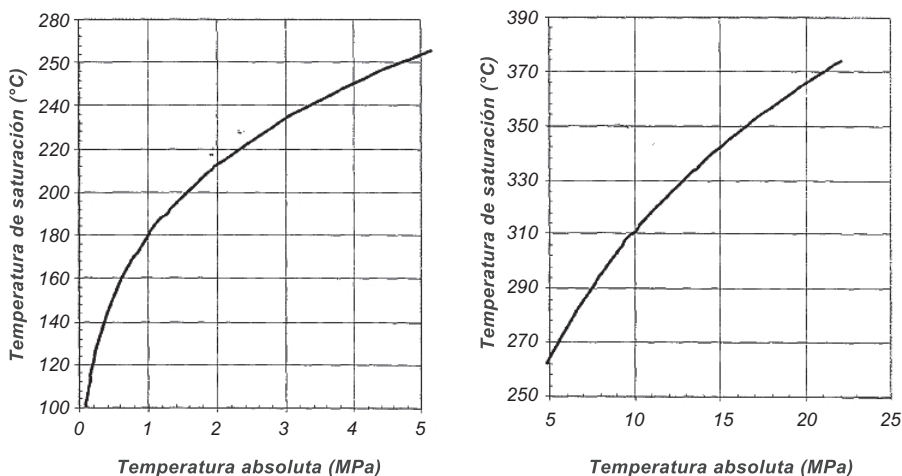


Fig. 7. Margen de refrigeración–curva de saturación [27].

## PÉRDIDA DE AGUA POR EBULLICIÓN DEBIDA AL CALOR DE DESINTEGRACIÓN EN UNA CENTRAL NUCLEAR DE 3 000 MW(t)

III.31. La curva de la figura 8 indica la cantidad de agua que debe inyectarse en la vasija de presión del reactor para reemplazar el agua perdida por ebullición debido al calor de desintegración. Esta curva se basa en un reactor de 3 000 MW(t) en funcionamiento a una potencia constante durante un período nominalmente infinito y puesto en régimen de parada instantáneamente. Esta es la tasa de flujo de agua mínima que debe inyectarse en el núcleo de un reactor para refrigerarlo una vez que se ha puesto en régimen de parada [33].

**Paso 1:** Determinar la cantidad de agua que debe inyectarse a partir de:

$$W_i = W_i^{3000} \frac{P_{\text{central}}(\text{MW(t)})}{3000(\text{MW(t)})}$$

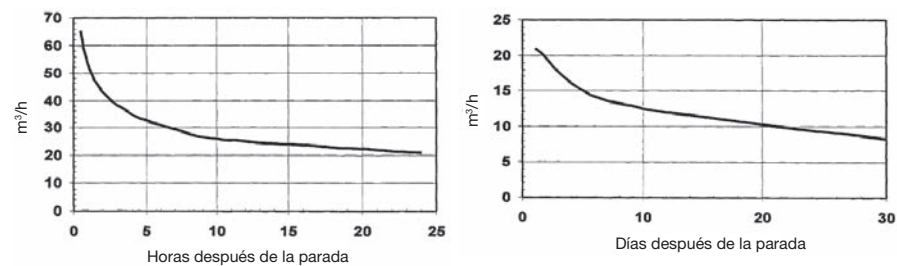
donde

$W_i$  es la inyección de agua requerida ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$W_i^{3000}$  es la inyección de agua requerida para una central de 3 000 MW(t) ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), basada en la figura 8;

$P_{\text{central}}$  es la potencia de salida de la central en MW(t) ( $\text{MW(t)} = 3 \times \text{MW(e)}$ ).

**Paso 2:** Si el núcleo se ha dejado al descubierto durante más de 15 min, aumentar la tasa de inyección por un factor de tres para ajustar el calor derivado de la reacción  $\text{Zr-H}_2\text{O}$  y la energía acumulada (almacenada).



*Fig. 8. Tasa de inyección de agua necesaria para reemplazar el agua perdida por ebullición debido al calor de desintegración en una central nuclear de 3 000 MW(t) [27].*

## Apéndice IV

### ELEMENTOS OBSERVABLES EN EL LUGAR DE UNA EMERGENCIA RADIOLÓGICA

IV.1. En una emergencia radiológica es en la zona interior acordonada donde deben adoptarse medidas de protección en favor de los encargados de la respuesta y el público. Al inicio el tamaño de la zona se determina a base de la información que puede observarse directamente (p.ej., marcas). El tamaño de la zona podrá ampliarse en función de las tasas de dosis y los NIO de mediciones ambientales (véase el apéndice II) cuando se dispone de estos datos. En el cuadro 14 [7, 17] se formulan sugerencias con respecto al radio aproximado de la zona interior acordonada. En la instrucción 1 de la referencia [17] se incluye una lista de elementos observables que pueden utilizar los primeros actuantes para determinar una fuente peligrosa. Los límites reales de los perímetros de seguridad tecnológica y física deberían definirse de manera que puedan reconocerse fácilmente (p.ej., por caminos) y deberían ser objeto de medidas de seguridad. No obstante, el perímetro de seguridad debería establecerse al menos tan lejos de la fuente como se indica en el cuadro hasta que el evaluador radiológico haya evaluado la situación.

#### CUADRO 14. RADIO SUGERIDO DE LA ZONA INTERIOR ACORDONADA (PERÍMETRO DE SEGURIDAD) EN UNA EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA

Situación	Zona interior acordonada inicial (perímetro de seguridad)
<i>Determinación inicial — Exterior</i>	
Fuente potencialmente peligrosa sin blindaje o averiada	Radio de 30 m alrededor de la fuente
Derrame importante desde una fuente potencialmente peligrosa	Radio de 100 m alrededor de la fuente
Incendio, explosión o gases relacionados con una fuente peligrosa	Radio de 300 m
Presunta bomba (posible dispositivo de dispersión radiológica), explosionada o no explosionada	Radio de 400 m o más para la protección contra una explosión
Explosión convencional (no nuclear) o incendio relacionado con un arma nuclear (potencia nula de explosión nuclear)	Radio de 1 000 m

CUADRO 14. RADIO SUGERIDO DE LA ZONA INTERIOR  
ACORDONADA (PERÍMETRO DE SEGURIDAD) EN UNA EMERGENCIA  
NUCLEAR O RADIOLÓGICA (cont.)

Situación	Zona interior acordonada inicial (perímetro de seguridad)
<i>Determinación inicial — Dentro de un edificio</i>	
Daños, pérdida de blindaje o derrame relacionado con una fuente potencialmente peligrosa	Zonas afectadas y zonas adyacentes (incluso pisos superiores e inferiores)
Incendio u otro suceso relacionado con una fuente potencialmente peligrosa que puede propagar material radiactivo a través del edificio (p.ej., a través del sistema de ventilación)	Todo el edificio y distancia exterior apropiada indicada <i>supra</i>
<i>Ampliación basada en la monitorización radiológica</i>	
NIO1 y NIO2 del cuadro 8	Dondequiera que se midan estos niveles



## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica, Colección Jurídica N° 14, OIEA, Viena (1989).
- [2] OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 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).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Development of an extended framework for emergency response criteria: Interim report for comments, IAEA-TECDOC-1432, OIEA, Viena (2005).
- [4] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1, OIEA, Viena (2007).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA: Terminología empleada en seguridad tecnológica nuclear y protección radiológica, Edición de 2007, OIEA, Viena (2008).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Criterios de intervención en caso de emergencia nuclear o radiológica, Colección Seguridad del OIEA N° 109, OIEA, Viena (1996).
- [7] OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Disposiciones de preparación para emergencias nucleares o radiológicas, Colección de Normas de Seguridad N° GS-G-2.1, OIEA, Viena (2010).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, EPR-METHOD 2003, OIEA, Viena (2009).

- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Planificación y preparación de medidas de respuesta a emergencias en los accidentes de transporte que afecten a materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-G-1.2 (ST-3), OIEA, Viena (2009).
- [10] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 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 del OIEA N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [11] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, ICRP Publication 82, Ann. ICRP 29 1-2, Pergamon Press, Oxford (2000).
- [12] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica 1990, Publicación ICPR-60, Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) - EDICOMPLET, S.A. - Madrid (1995).
- [13] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency, ICRP Publication 63, Ann. ICRP 22 4, Pergamon Press, Oxford (1991).
- [14] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, Publicación ICRP 103, Sociedad Española de Protección Radiológica, con la autorización de la ICRP, Senda Editorial S.A., Madrid, (2008).
- [15] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations, ICRP Publication 109, Ann. ICRP 39 1, Elsevier, Amsterdam (2009).
- [16] CONSEJO NACIONAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS DE LOS ESTADOS UNIDOS, Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material, NCRP Report N° 138, Bethesda (2001).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Cantidades peligrosas de materiales radiactivos, EPR-D-VALUES-2006, OIEA, Viena (2010).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual para Primeros Actuantes ante Emergencias Radiológicas, EPR-PRIMEROS ACTUANTES (2007), OIEA, Viena (2007).
- [19] COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 2: Effects, Annex G: Biological Effects at Low Radiation Doses, Naciones Unidas, Nueva York (2000).
- [20] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum (BENNETT, B., REPACHOLI, M., CARR, Z., Eds), OMS, Ginebra (2006).



- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Medical Response during Nuclear or Radiological Emergency, EPR-MEDICAL (2005), OIEA, Viena (2005).
- [22] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q) and Radiation Weighting Factor ( $w_R$ ), ICRP Publication 92. Ann ICRP **33** 4, Elsevier, Amsterdam (2003).
- [23] EVANS, J. S., ABRAHAMSON, S., BENDER, M. A., BOECKER, B. B., GILBERT, E. S. AND SCOTT, B.R. Health Effects Models for Nuclear Power Accident Consequence Analysis. Part I: Introduction, Integration, and Summary. NUREG/CR-4214 Rev. 2, Part I ITRI-141, Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos, Washington, DC (1993).
- [24] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, MEMORANDUM, The evolution of the system of radiological protection: the justification for new ICRP recommendations. J. Radiol. Prot. **23** (2003) 129–142.
- [25] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Rep. 51, ICRU, Bethesda, (1993).
- [26] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus), ICRP Publication 90, Ann. ICRP **33** (1–2) (2003).
- [27] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident, IAEA-TECDOC-955, OIEA, Viena (1997).
- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de Goiânia, OIEA, Viena (1989).
- [29] PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS, COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS, Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas Presentes en los Alimentos y Piensos, Lista 1 - Radionucleidos, CODEX STAN 193-1995, CCA, Roma (2006).
- [30] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Guidelines for Drinking-Water Quality: Incorporating First and Second Addenda, Vol. 1, Recommendations — 3rd edn, OMS, Ginebra (2008).
- [31] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The International Chernobyl Project: Technical Report, OIEA, Viena, (1991).
- [32] McKENNA, T., BUGLOVA, E., KUTKOV, V., Lessons learned from Chernobyl and other emergencies: Establishing international requirements and guidance, Health Physics **93** 5 (2007) 527–537.
- [33] COMISIÓN REGULADORA NUCLEAR DE LOS ESTADOS UNIDOS, Response Technical Manual, NUREG/BR-0150, Vol. 1, Rev. 4, USNRC, Washington, D.C. (1996).



## COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y REVISIÓN

Aeberli, W.	Central nuclear Beznau (Suiza)
Ahmad, S.	Comisión de Energía Atómica del Pakistán (Pakistán)
Barabanova, A.	Centro Estatal de Investigaciones, “Instituto de Biofísica”, Moscú (Federación de Rusia)
Boecker, B.	Consultor (Estados Unidos de América)
Buglova, E.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Carr, Z.	Organización Mundial de la Salud
Crick, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Ford, J.	Salud Canadá (Canadá)
Hedemann Jensen, P.	Laboratorio Nacional de Risø (Dinamarca)
Homma, T.	Organismo de Energía Atómica del Japón (Japón)
Hončarenko, R.	Central nuclear de Temelin (República Checa)
Janko, K.	Autoridad Reguladora Nuclear de la República Eslovaca (Eslovaquia)
Jaworska, A.	Autoridad Noruega de Protección Radiológica (Noruega)
Kenigsberg, J.	Comisión Nacional de Protección Radiológica (Belarús)
Kocheyev, V.	Asociación Mundial de Medicina de Desastres y Emergencias (Estados Unidos de América)
Kostadinov, V.	Administración Eslovena de Seguridad Nuclear (Eslovenia)
Kutkov, V.	Centro de Investigaciones de Rusia “Instituto Kurchatov” (Federación de Rusia)
Lafortune, J.	International Safety Research (Canadá)

Lee, S.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Lim, S.	Instituto de Seguridad Nuclear de Corea (República de Corea)
Martinčič, R.	Organismo Internacional de Energía Atómica
McClelland, V.	Departamento de Energía de los Estados Unidos (Estados Unidos de América)
McKenna, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Miller, C.	Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Estados Unidos de América)
Nagataki, S.	Asociación Japonesa de Radioisótopos (Japón)
Paile, W.	Organismo de Seguridad Radiológica y Nuclear (Finlandia)
Pellet, S.	Instituto Nacional de Investigación sobre Radiobiología y Radiohigiene (Hungría)
Perez, M.	Organización Mundial de la Salud
Ricks, R.	Centro de Asistencia a Emergencias Radiológicas/Capacitación (Estados Unidos de América)
Robinson, J.	Dirección de Seguridad Nuclear (Reino Unido)
Rochedo, E.	Comisión Nacional de Energía Nuclear (Brasil)
Scott, B.	Lovelace Respiratory Research Institute (Estados Unidos de América)
Sjöblom, K.	Fortum Power and Heat Oy, central nuclear de Loviisa (Finlandia)
Sládek, V.	Autoridad Reguladora Nuclear de la República Eslovaca (Eslovaquia)
Smith, J.	Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Estados Unidos de América)

Solomon, S.	Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (Australia)
Sundnes, K.	Asociación Mundial de Medicina de Desastres y Emergencias (Noruega)
Turai, I.	Instituto Nacional de Investigación sobre Radiobiología y Radiohigiene (Hungría)
Weiss, W.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Whitcomb, R.	Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Estados Unidos de América)



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

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

### Comisión sobre Normas de Seguridad

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

### Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

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

*Pakistán*: Habib, M.A.; *Polonia*: Jurkowski, M.; *Reino Unido*: Vaughan, G.J. (Presidencia); *República Checa*: Šváb, M.; *Rumania*: Biro, L.; *Sudáfrica*: Leotwane, W.; *Suecia*: Hallman, A.; *Suiza*: Flury, P.; *Túnez*: Baccouche, S.; *Turquía*: Bezdegumeli, U.; *Ucrania*: Shumkova, N.; *Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Reig, J.; *\*Asociación Nuclear Mundial*: Borysova, I.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Bouard, J.-P.; *Comisión Europea*: Vigne, S.; *FORATOM*: Fourest, B.; *OIEA*: Feige, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Sevestre, B.

### **Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica**

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



A.; *Organización Mundial de la Salud*: Carr, Z.; *Organización Panamericana de la Salud*: Jiménez, P.

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

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

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

*Alemania*: Götz, C.; *Argelia*: Abdenacer, G.; *Argentina*: Biaggio, A.; *Australia*: Williams, G.; \*Austria: Fischer, H.; *Bélgica*: Blommaert, W.; *Brasil*: Tostes, M.; \*Bulgaria: Simeonov, G.; *Canadá*: Howard, D.; *China*: Zhimin Qu; *Chipre*:

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



# IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 22

## Lugares donde se pueden encargar publicaciones del OIEA

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

### ALEMANIA

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

### AUSTRALIA

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

### BÉLGICA

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

### CANADÁ

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

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

### CHINA

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

### ESLOVENIA

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

### ESPAÑA

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

### ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

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

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

### FINLANDIA

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

### FRANCIA

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

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

## **HUNGRÍA**

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

## **INDIA**

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

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

## **ITALIA**

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

## **JAPÓN**

Maruzen Company Ltd, 1-9-18, Kaigan, Minato-ku, Tokyo, 105-0022  
Teléfono: +81 3 6367 6079 • Fax: +81 3 6367 6207  
Correo-e: journal@maruzen.co.jp • Sitio web: <http://www.maruzen.co.jp>

## **NACIONES UNIDAS**

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

## **NUEVA ZELANDIA**

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

## **PAÍSES BAJOS**

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

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

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

## **REINO UNIDO**

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

Pedidos en línea

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

Libros relacionados con el medio ambiente

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

## **REPÚBLICA CHECA**

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

## **REPÚBLICA DE COREA**

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

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

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

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





## Seguridad mediante las normas internacionales

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

Yukiya Amano  
Director General

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA

ISBN 978-92-0-336310-5

ISSN 1020-5837