

Seguridad radiológica: Nuevas normas internacionales

Las futuras Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación son el resultado de una cooperación sin precedentes

por Abel J.
González

Al final del decenio de 1980 se había acumulado un gran candal de nueva información que indujo a examinar desde otro ángulo las normas en materia de protección contra la exposición a las radiaciones ionizantes y seguridad de las fuentes de radiación.

Ante todo, una reevaluación de las conclusiones radioepidemiológicas derivadas de las explosiones de Hiroshima y Nagasaki hizo pensar que la exposición a la radiación de bajo nivel entrañaba un riesgo mayor que el que se había estimado antes.

Otros sucesos —sobre todo, el accidente de Three Mile Island en 1979 y el de Chernobil en 1986, que provocó una contaminación transfronteriza sin precedentes— influyeron mucho en la percepción pública del peligro potencial que entraña la exposición a las radiaciones. Los accidentes ocurridos con fuentes de radiación utilizadas para fines médicos e industriales también han llamado mucho la atención del público: Ciudad Juárez (México), Mohamadia (Marruecos), Goiânia (Brasil), San Salvador (El Salvador) y Zaragoza (España) son nombres que aparecieron en las noticias a raíz de accidentes radiológicos que causaron víctimas. Además, en ese decenio tuvo lugar el redescubrimiento de la radiación natural como causa de riesgo para la salud: en algunas viviendas se observaron contenidos sorprendentemente altos de radón en el aire, y se descubrió que la exposición a la radiación natural de algunas personas cuyo trabajo nada tenía que ver con las radiaciones alcanzaba niveles muy superiores a los límites prescritos para la exposición ocupacional por normas de autoridad reconocida.

En vista de tales hechos, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) revisó en 1990 sus recomendaciones vigentes. Las organizaciones interesadas del sistema de las Naciones Unidas y otros organismos multinacionales reaccionaron rápidamente y comenzaron a revisar sus respectivas normas.

En el presente artículo se destaca un importante resultado de esta labor en pro de la armonización internacional de la seguridad radiológica: concretamente, en él se ofrece una panorámica de las futuras *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación*, las llamadas NBS. Seis organizaciones han elaborado conjuntamente estas normas, a saber, la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Marco para la armonización

En 1991, en el marco del Comité Interinstitucional de Seguridad Radiológica, las seis organizaciones crearon una secretaría mixta bajo la coordinación del OIEA. Esta medida culminó decenios de esfuerzos constantes y marcó el inicio de una cooperación internacional sin precedentes para el establecimiento de las NBS, en la que han participado cientos de expertos de los Estados Miembros de las organizaciones patrocinadoras. Estas normas internacionales reemplazan a todas las anteriores exis-

El Dr. González es Director Adjunto de la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

La labor de armonización de las normas internacionales de seguridad radiológica, para la que se ha aprovechado la información derivada de amplias actividades de investigación y desarrollo realizadas por organizaciones científicas y técnicas a nivel nacional e internacional, ha contado con el apoyo de una serie de organismos. Por su parte, el OIEA está autorizado por su Estatuto 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...". En cumplimiento de esta función, la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó en marzo de 1960 las primeras medidas del Organismo relativas a seguridad y protección de la salud. En junio de 1962, la Junta aprobó la primera versión de las *Normas básicas de seguridad en materia de protección radiológica* del OIEA, y en septiembre de 1965 una versión revisada. El Organismo publicó una tercera revisión como Vol. N° 9 de la Colección Seguridad, Edición de 1982. Esta edición fue patrocinada conjuntamente por la AEN/OCDE, el OIEA, la OIT y la OMS.*

Comité Interinstitucional de Seguridad Radiológica (IACRS). Hace varios años, el OIEA promovió la formación del Comité como mecanismo de consulta y colaboración en asuntos de seguridad radiológica con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados. El objetivo del IACRS es, en particular, promover la coherencia y la coordinación de las políticas en lo que respecta a los principios y normas de seguridad radiológica. Forman parte de él la AEN/OCDE, la FAO, la OIT, la OMS, la OPS, el UNSCEAR, la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) y el OIEA. Diversas organizaciones participan en calidad de observadores, a saber, la CIPR, la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), la Asociación Internacional de Protección Radiológica (AIPR), y la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR). El UNSCEAR aportó la información científica que sirvió de base para preparar las NBS. El Comité, que fue creado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955 y actualmente está integrado por representantes de 21 países, recopila, evalúa y difunde información relativa a los efectos de la radiación sobre la salud y a los niveles de exposición a la radiación causados por las diversas fuentes.

Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). Las normas de seguridad radiológica se basan en las recomendaciones de la CIPR, organización científica no gubernamental fundada en 1928. Sus recomendaciones más recientes fueron publicadas en 1990 (Publicación 60, *Annals of the ICRP*, Vol. 21, N° 1-3) y constituyen la base de las NBS.

Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR). Las magnitudes y unidades utilizadas en las NBS son principalmente las recomendadas por la CIUMR, organización emparentada con la CIPR. (Véase el recuadro de la página siguiente.)

Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear (INSAG). Este órgano asesor integrado por expertos en seguridad nuclear sirve de foro para el intercambio de información, y para brindar asesoramiento al OIEA sobre temas de seguridad de importancia internacional. En 1989 publicó por conducto del OIEA los *Principios básicos de seguridad para centrales nucleares* (Colección Seguridad N° 75-INSAG-3). Muchos de estos principios son importantes para la seguridad de otras fuentes e instalaciones emisoras de radiación y se han adoptado en las NBS.

* Estas normas internacionales anteriores fueron el tema del artículo publicado por el autor en el *Boletín del OIEA*, Vol. 25, N° 3 (septiembre de 1983).

tentes en materia de seguridad radiológica, en especial las establecidas bajo los auspicios del OIEA. (Véase el recuadro de la página siguiente.)

Efectos de la radiación. Ya en la época de los primeros estudios sobre los rayos X y los minerales radiactivos se advirtió que la exposición a altos niveles de radiación puede dañar los tejidos expuestos del cuerpo humano. Estos efectos radiológicos, que pueden diagnosticarse clínicamente en el individuo expuesto, se denominan *efectos deterministas* porque, para una dosis de radiación dada, su aparición es segura. Posteriormente, los estudios a largo plazo de las poblaciones expuestas a las radiaciones, especialmente de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos de Hiroshima y Nagasaki, han demostrado que la exposición a la radiación también puede inducir enfermedades malignas diferidas y posiblemente efectos hereditarios. Estos efectos

radiológicos no pueden ponerse en relación con ningún individuo concreto expuesto, sino que se infieren del estudio epidemiológico de grandes poblaciones; se denominan *efectos estocásticos* por su carácter estadístico aleatorio. (Véase el recuadro de la página siguiente.)

Actividades humanas y exposición a la radiación: prácticas e intervenciones. Muchas actividades humanas beneficiosas entrañan la exposición de las personas a la radiación de fuentes naturales y artificiales. Es de suponer que estas actividades, que se planifican de antemano, hacen aumentar la exposición a la radiación de fondo ya suprida por las personas: tales actividades se denominan *prácticas*.

Por otra parte, hay casos en que las personas están expuestas de hecho a la radiación. Las actividades destinadas a reducir esas exposiciones se llaman *intervenciones*.

Efectos de la radiación sobre la salud

La exposición a la radiación puede tener efectos perjudiciales sobre la salud. Para grandes dosis agudas, los efectos de la radiación —como náuseas, enrojecimiento de la piel y, en los casos graves, síndromes agudos— se manifiestan clínicamente en los individuos expuestos poco después de la exposición. Las altas tasas de dosis crónicas también ocasionan efectos nocivos que se pueden detectar clínicamente. Estos efectos se denominan **deterministas** porque su aparición es segura cuando la dosis sobrepasa un determinado nivel umbral.

También es verosímil que la exposición a dosis bajas de radiación tenga efectos graves sobre la salud, tales como enfermedades malignas, que son detectables estadísticamente en la población pero no se pueden relacionar inequívocamente con un individuo expuesto. Los efectos hereditarios de la exposición a la radiación se han detectado estadísticamente en mamíferos, y se supone que también ocurren en los seres humanos. Todos estos efectos detectables estadísticamente se denominan **estocásticos** debido a su carácter aleatorio. Se manifiestan después de un período de latencia, presumiblemente en toda la gama de dosis, sin nivel umbral. Además, pueden producirse efectos sobre la salud de los niños expuestos a la radiación *in utero* durante determinados períodos del embarazo, por ejemplo, una mayor probabilidad de leucemia o de retraso mental grave.

Los efectos deterministas son resultado de un proceso de muerte celular a causa de la exposición a la radiación, el cual, si es lo suficientemente amplio, puede dañar la función

del tejido expuesto. La gravedad de un efecto determinista concreto aumenta con la dosis por encima del umbral, que varía según el tipo de efecto. Los valores umbral inferiores son de algunos sieverts, en el caso de exposiciones agudas, y de algunos cientos de milisieverts por año, en el caso de exposiciones crónicas. Por tanto, la probabilidad de efectos deterministas es nula a dosis bajas y tiende a la seguridad para las dosis umbral.

Los efectos estocásticos pueden manifestarse si una célula irradiada se modifica en lugar de destruirse. Después de un período prolongado, las células modificadas pueden degenerar en cáncer. Los mecanismos de reparación y defensa del cuerpo humano hacen que este desenlace sea muy poco probable para las dosis pequeñas; a hora bien, no hay ninguna prueba de que exista una dosis umbral por debajo de la cual no pueda producirse un cáncer. Esta probabilidad aumenta con la dosis, pero la gravedad de cualquier tipo de cáncer resultante de la irradiación no depende de la dosis. Si una célula germinal cuya función es transmitir información genética es dañada por exposición a la radiación, es concebible que en los descendientes de la persona expuesta se manifiesten efectos hereditarios de diversos tipos. Se supone que la probabilidad de los efectos estocásticos es proporcional a la dosis recibida, sin dosis umbral. Actualmente se estima que la probabilidad de efectos estocásticos graves inducidos por radiación, en toda la vida, es de alrededor del 5% por sievert de dosis recibida para la población general.

Magnitudes y unidades utilizadas en la seguridad radiológica

Aunque los requisitos de las NBS son en general de carácter cualitativo, también establecen límites cuantitativos y niveles orientativos. Las magnitudes y unidades utilizadas en las NBS se basan en las recomendaciones de la CIPR y la CIUMR.

Las principales magnitudes físicas en que se basan las NBS son: la **actividad** o tasa de emisión de radiación por un radionucleido, y la **dosis absorbida** o energía cedida a la unidad de masa de una sustancia por la radiación a que está expuesta.

La **unidad de actividad** es la inversa de un segundo (número de emisiones por segundo), que se denomina **becquerel (Bq)**. La **unidad de dosis absorbida** es el joule por kilogramo, llamada **gray (Gy)**.

La **dosis absorbida** es la magnitud dosimétrica física básica de las NBS, aunque no es enteramente satisfactoria a los fines de la protección radiológica, ya que los efectos dañinos en un tejido humano varían según el tipo de radiación ionizante. En consecuencia, la dosis absorbida en los tejidos se multiplica por un factor de ponderación a fin de tener en cuenta la efectividad del tipo de radiación de que se trate para causar daños.

La **dosis equivalente** es la magnitud que resulta de ponderar la dosis absorbida aplicando el factor correspondiente a la efectividad del tipo de radiación. Pero la probabilidad de efectos perjudiciales a causa de una determinada dosis equivalente varía según los distintos órganos y tejidos. En consecuencia, la dosis equivalente recibida en cada órgano o tejido se multiplica por un factor de ponderación del tejido para tener en cuenta la radiosensibilidad del órgano.

La **dosis efectiva** es la magnitud resultante de la suma total de las dosis equivalentes, ponderadas con respecto a la radiosensibilidad de los órganos y tejidos, para todos los órganos y tejidos expuestos de un individuo. La **unidad de dosis equivalente y de dosis efectiva** es la misma que la de dosis absorbida, a saber, el joule por kilogramo, pero se le da el nombre de **sievert (Sv)**.

Cuando hay incorporación de radionucleidos en el organismo, la dosis resultante se recibe durante todo el tiempo que esos radionucleidos permanezcan en el cuerpo.

La **dosis comprometida** es la dosis total producida por los radionucleidos durante el período en que éstos permanecen en el cuerpo, y se define como la integral con respecto al tiempo de la tasa de dosis recibida. Toda restricción aplicable se impone a la dosis comprometida de la incorporación. La **unidad de dosis comprometida** resultante es el **sievert**.

El efecto total de la exposición a la radiación causada por una práctica o fuente determinada depende del número de personas expuestas y de la dosis que reciban.

En consecuencia se usa la **dosis colectiva**, definida como la suma de los productos de la dosis media de los diversos grupos de personas expuestas por el número de individuos de cada grupo, para caracterizar el impacto radiactivo de una práctica o fuente. La **unidad de dosis colectiva** es el **sievert-hombre**.

Para fines operativos, las NBS utilizan la **dosis equivalente ambiental** y la **dosis equivalente personal**. Estas son magnitudes definidas por la CIUMR con objeto de facilitar las actividades de medición y vigilancia sin dejar de aplicar las magnitudes básicas de protección radiológica.

Debido a los efectos de la radiación sobre la salud, las prácticas y las intervenciones han de someterse a determinadas normas de seguridad radiológica a fin de proteger a las personas fortuitamente expuestas. El objetivo de las NBS es armonizar a nivel internacional los requisitos básicos de protección de las personas contra la exposición indebida a la radiación en el curso de las prácticas y las intervenciones. (Véase el recuadro de la página 5.)

Objetivo de las NBS

El objetivo expreso de las NBS es evitar la aparición de efectos deterministas de la radiación y reducir la probabilidad de que aparezcan efectos estocásticos.

En el caso de una *práctica* justificada, ese objetivo se logra prescribiendo requisitos para la protección de los individuos expuestos y la seguridad de la fuente de exposición. Así,

- el riesgo de todos los individuos expuestos, independientemente de dónde o cuándo ocurra la exposición, se reduce manteniendo las dosis individuales por debajo de límites de dosis especificados; y
- la seguridad de la fuente de exposición se preserva, entre otras medidas, a) restringiendo las dosis que se sabe ha de producir, así como la probabilidad de que produzca otras dosis a causa de exposiciones (potenciales) que pueden ocurrir pero no es seguro que ocurran; b) reduciendo las dosis producidas, las probabilidades de que se reciban y el número de individuos expuestos al valor más bajo que razonablemente pueda alcanzarse en las circunstancias imperantes; c) aplicando a la fuente una serie de requisitos administrativos, técnicos y de gestión destinados a garantizar su seguridad.

En el caso de las *intervenciones* justificadas, el objetivo se logra:

- velando por que, en cualquier circunstancia previsible, las dosis individuales se mantengan por debajo de los niveles umbral correspondientes a los efectos deterministas;
- velando por que todas las dosis que se prevea evitar gracias a la intervención sean las más bajas que razonablemente puedan alcanzarse en las circunstancias imperantes.

Ambito de las NBS

Exclusiones. Se excluye del ámbito de las NBS toda exposición a la radiación que no sea, por esencia, susceptible de control aplicando los requisitos por ellas prescritos. Como ejemplo cabe citar la exposición debida al potasio radiactivo natural normalmente presente en el cuerpo humano, la exposición a los rayos cósmicos en la superficie terrestre y, en general, otras exposiciones de origen natural.

Además, las NBS se aplican solamente a:

- los seres humanos (se estima que, si las normas de protección son apropiadas para este fin, también servirán para garantizar que ninguna otra especie se vea amenazada como población, aun cuando ciertos individuos de la especie puedan sufrir daños); y

Prácticas e intervenciones

Las actividades humanas planificadas que hacen aumentar la exposición normalmente recibida por las personas a causa de la radiación de fondo, o hacen que aumente la probabilidad de exposición, se denominan *prácticas*. Las actividades humanas destinadas a reducir el nivel existente de exposición a la radiación, o la probabilidad de sufrir una exposición, se denominan *intervenciones*.

Las NBS se aplican tanto al comienzo como a la continuación de las prácticas que entrañen o pudieran entrañar exposición a la radiación, así como a las situaciones existentes *de facto* en que la exposición o su probabilidad puede reducirse o suprimirse mediante algún tipo de intervención. En el caso de una práctica, se pueden tomar medidas de protección y seguridad radiológicas antes de que comience, y desde su inicio se pueden limitar las correspondientes exposiciones a la radiación así como la probabilidad de éstas. En el caso de una intervención, las circunstancias que dan lugar a la exposición o la probabilidad de ésta ya existen, y sólo se logrará reducirlas aplicando medidas reparadoras o protectoras.

En el siguiente cuadro, preparado por el UNSCEAR, se resume el impacto radiológico relativo de algunas prácticas y de accidentes graves que requirieron intervención. Los niveles de exposición a la radiación se expresan en forma de períodos equivalentes de exposición a las fuentes naturales.

Niveles de exposición a la radiación

Exposición causada por	Base	Período equivalente de exposición global a la radiación de fondo media
Los ensayos de armas nucleares	Todos los ensayos realizados	2,3 años
Los aparatos y sustancias utilizados en medicina	Un año de práctica al régimen actual	90 días
Los accidentes graves	Los accidentes ocurridos hasta la fecha	20 días
La generación de energía nucleoelectrica (en condiciones normales de explotación)	Total de la energía nucleoelectrica generada hasta la fecha.	10 días
	Un año de práctica al régimen actual	1 día
Las actividades ocupacionales	Un año de tales actividades al régimen actual	8 horas

- la radiación ionizante, a saber, los rayos gamma y rayos X, y las partículas alfa, beta y de otro tipo que pueden originar ionización; (las NBS no se aplican a la radiación no ionizante, ni tampoco al control de otros aspectos no radiológicos de salud y seguridad).

Con la salvedad de estas exclusiones, las NBS se aplican a todas las prácticas, incluidas las fuentes de radiación adscritas a esas prácticas, siempre que no estén *exentas* de los requisitos prescritos por las NBS, y a todas las intervenciones, incluidas todas las exposiciones conexas.

Prácticas. Las prácticas a las que se aplican las NBS son en particular:

- el uso de radiación o de sustancias radiactivas con fines médicos, industriales, agrícolas, educativos, de capacitación y de investigación; y

Justificación de las prácticas y las intervenciones

En la justificación de las prácticas e intervenciones intervienen muchos factores, entre ellos los aspectos sociales y políticos, y las consideraciones radiológicas normalmente desempeñan un papel secundario. A continuación se resumen algunas orientaciones de tipo práctico que brindan las NBS sobre la justificación de las prácticas e intervenciones.

Prácticas injustificadas. Las NBS ofrecen orientación sobre las prácticas injustificadas. Entre ellas figuran las que ocasionarían un aumento de la cantidad de sustancias radiactivas presentes en alimentos, bebidas, cosméticos u otros artículos o productos destinados a su ingestión, inhalación, o incorporación percutánea en seres humanos, o a su aplicación a los mismos (excepto con fines médicos); también figuran las prácticas que entrañen el uso frívolo de la radiación en artículos o productos como juguetes, joyas o adornos. Además, se consideran injustificadas determinadas exposiciones médicas: el examen radiológico con fines ocupacionales, jurídicos o de seguro médico, los exámenes radiológicos con el objetivo de detectar robos, la exposición de grupos de población con motivo de exámenes masivos, y la exposición de seres humanos con fines de investigación médica (a menos que se efectúe de conformidad con lo dispuesto en la Declaración de Helsinki, se observen las directrices establecidas al efecto por el Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas y la OMS, y esté sujeta al asesoramiento de un comité de examen ético y a los reglamentos nacionales y locales aplicables).

Intervenciones. La intervención será justificada si se espera que cause más bien que mal, teniendo en cuenta los factores sanitarios, socia-

les y económicos. Las NBS establecen que casi siempre estará justificada la adopción de medidas protectoras si se espera que, en una situación de intervención, las dosis se acerquen a los valores indicados en el cuadro que figura a continuación. No obstante, los niveles reales de intervención deben optimizarse lo que, por lo general, conduce a dosis mucho más bajas (véase el cuadro de la página 10).

Niveles de dosis individual para los cuales será de esperar una intervención en cualesquier circunstancias

Exposiciones agudas

Organo o tejido	Dosis absorbida proyectada al órgano o tejido en menos de dos días (Gy)
Todo el organismo	1
Pulmón	6
Piel	3
Tiroides	5
Cristalino	2
Gónadas	3

Exposiciones crónicas

Organo o tejido	Tasa de dosis equivalente anual (Sv/año)
Gónadas	0,2
Cristalino	0,1
Médula ósea	0,4

● la generación de electricidad a partir de la energía nuclear, incluida cualquier actividad del ciclo del combustible nuclear que entrañe o pueda entrañar exposición a la radiación o a sustancias radiactivas.

Fuentes. Las NBS se aplican a todas las fuentes de radiación adscritas a una práctica, ya sean naturales o artificiales, a saber:

● a las sustancias radiactivas y dispositivos que contienen sustancias radiactivas o producen radiación, como productos de consumo, fuentes selladas, fuentes no selladas y generadores de radiación; y

● a las instalaciones que contienen sustancias radiactivas o dispositivos que producen radiación, como instalaciones de irradiación, minas y plantas de tratamiento de minerales radiactivos, instalaciones de tratamiento de sustancias radiactivas, instalaciones nucleares e instalaciones de gestión de desechos radiactivos. (Cuando una instalación puede originar vertidos de sustancias radiactivas o emisión de radiaciones al medio ambiente, se considera que en su totalidad constituye una fuente y las NBS se aplican a cada una de las fuentes de radiación situadas dentro de la instalación y a la instalación en su conjunto.)

Exención y dispensa. Las prácticas y las fuentes adscritas a una práctica pueden declararse *exentas* de los requisitos de las NBS si cumplen los criterios de exención establecidos. Dichos criterios dan la seguridad de que los riesgos individuales derivados de una fuente exenta son insignificantes y de que el efecto radiológico colectivo es tal que carece de objeto su reglamentación. Además, una fuente exenta debe ser intrínsecamente segura.

Los criterios de exención también se expresan en niveles de exención, es decir, niveles de [radi]actividad, o de concentración de la actividad en los materiales, por debajo de los cuales la exención es casi automática.

Los materiales y objetos resultantes de prácticas y fuentes ya sometidas a los requisitos de las NBS pueden declararse exentas de esos requisitos siempre que satisfagan niveles de *dispensa* que no sobrepasen los niveles de exención especificados.

Intervenciones. Las situaciones de intervención a las que se aplican las NBS incluyen toda situación *de facto* causante de exposición de las personas, que pueda reducirse aplicando medidas de intervención debidamente justificadas.

Son, entre otras:

- las situaciones de emergencia como las causadas por una contaminación ambiental a consecuencia de un accidente; y
- las situaciones crónicas como la exposición a fuentes naturales de radiación (por ejemplo, el radón en las viviendas) y a residuos radiactivos resultantes de sucesos y actividades anteriores (por ejemplo, contaminación ambiental crónica a causa de actividades pasadas).

Exposiciones. Las NBS se aplican a cualquier exposición debida a:

- toda práctica o fuente pertinente, incluidas las exposiciones normales (es decir, las que es seguro se produzcan), las exposiciones potenciales (es decir, las que pueden o no ocurrir), las exposiciones ocupacionales (es decir, las de los trabajadores), las exposiciones médicas (es decir, principalmente las de los pacientes) y las exposiciones públicas (es decir, los demás tipos de exposición).
- toda situación de intervención pertinente que entrañe una exposición de emergencia, incluidas las exposiciones que requieren una intervención rápida y otras exposiciones temporales, debidas a situaciones en las que se ha activado un plan o procedimientos de emergencia, o una exposición crónica, incluidas las exposiciones a las fuentes naturales de radiación, las exposiciones debidas a residuos radiactivos originados por sucesos pasados, y las exposiciones debidas a la contaminación radiactiva resultante de prácticas y fuentes que, por alguna razón, no han estado sometidas a control reglamentario.

Fuentes naturales. Según las NBS, la exposición a fuentes naturales se considerará normalmente una situación de exposición crónica y estará sujeta a los requisitos establecidos para la intervención. Las excepciones en este aspecto son las actividades que impliquen la presencia de fuentes naturales que aumenten la exposición del público debido a, por ejemplo, vertidos de sustancias radiactivas al medio ambiente, y determinadas exposiciones ocupacionales al radón, que estarán sujetas a los requisitos estipulados para las prácticas si con la intervención no se puede reducir dicha exposición a valores menores que los niveles de actuación establecidos por las NBS.

Obligaciones

Las NBS establecen obligaciones generales en relación con las prácticas y las intervenciones. A menos que la exposición esté excluida del ámbito de las NBS, las obligaciones son las siguientes:

- ninguna práctica deberá ser adoptada, introducida, realizada, interrumpida o suprimida y ninguna fuente adscrita a una práctica deberá ser, según el caso, extraída, preparada mecánicamente, tratada, diseñada, fabricada, construída, montada, comprada, importada, exportada, vendida, prestada, alquilada, recibida, emplazada, situada, puesta en servicio, poseída, usada, explotada, mantenida, reparada, transferida, clausurada, transportada, almacenada o evacuada, sino en conformidad con los requisitos prescritos por las Normas, a no ser que la práctica o la fuente esté exenta de tales requisitos; y

Limitación de la dosis individual

Los límites de dosis establecidos por las NBS tienen el fin de velar por que ningún individuo corra riesgos inaceptables debidos a la exposición a la radiación.

Límites de dosis para la exposición ocupacional

- una dosis efectiva de 20 mSv por año promediada con respecto a 5 años consecutivos;
- una dosis efectiva de 50 mSv en un solo año;
- una dosis equivalente en el cristalino de 150 mSv en un año; y
- una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) y en la piel de 500 mSv en un año.

(En circunstancias especiales, los trabajadores que realicen la intervención pueden estar expuestos a hasta 100 mSv en un solo año.)

Límites de dosis para los miembros del público

- una dosis efectiva de 1 mSv en un año;
- circunstancias especiales, una dosis efectiva de hasta 5 mSv en un solo año siempre que: la dosis media en cinco años consecutivos no sea superior a 1 mSv por año; y la dosis en circunstancias especiales sea expresamente autorizada por la autoridad reglamentadora;
- una dosis equivalente en el cristalino de 15 mSv en un año; y
- una dosis equivalente en la piel de 50 mSv en un año.

Aplicación de los límites de dosis

Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis correspondientes causadas por exposición externa en el período especificado, y a las dosis comprometidas correspondientes causadas por incorporación durante el mismo período (el período para el cálculo de la dosis comprometida será normalmente de 50 años para los adultos y 70 años para las incorporaciones en niños). El cumplimiento de este requisito puede asegurarse imponiendo la condición de que la dosis equivalente personal debida a la radiación penetrante durante el año, más la suma de las dosis comprometidas debidas a la incorporación de radionucleidos durante el año, arrojen un valor inferior al límite de que se trate.

- siempre que ello se justifique, las exposiciones *de facto* existentes se reducirán mediante una intervención, tomando medidas reparadoras o protectoras conforme a los requisitos prescritos por las NBS.

Además, las NBS establecen que las fuentes que contengan sustancias radiactivas se transportarán atendiendo a lo dispuesto en el *Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos* (Vol. N° 6 de la Colección Seguridad del OIEA, Viena (1991)), y en las convenciones internacionales aplicables.

Requisitos

Las NBS establecen los requisitos básicos de protección y seguridad necesarios para el cumplimiento de las obligaciones antes mencionadas.

En todas las actividades que entrañen exposición a la radiación estos requisitos se han de cumplir en virtud de la fuerza que emana de las disposiciones estatutarias de las organizaciones patrocinadoras. Los requisitos no suponen ninguna obligación por parte de los Estados de ajustar a ellos su legislación, ni es su fin sustituir las disposiciones de las leyes

Niveles orientativos para los procedimientos radiológicos de diagnóstico en un paciente adulto típico

Radiografía

Examen	Dosis de entrada en superficie por radiografía (mGy)	
Columna vertebral lumbar	AP	10
	LAT	30
	ASL	40
Abdomen, urografía intravenosa y colecistografía	AP	10
Pelvis	AP	10
Articulación de la cadera	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Columna vertebral torácica	AP	7
	LAT	20
Dental	Periapical	7
Cráneo	AP	5
	PA	5
	LAT	3

PA = proyección posteroanterior; LAT = proyección lateral; ASL = proyección de la articulación sacrolumbar; AP = proyección anteroposterior.

Tomografía computarizada

Examen	Dosis absorbida media en cortes múltiples (mGy)
Cabeza	50
Columna vertebral lumbar	35
Abdomen	25

Mamografía

Dosis glandular media por proyección cráneo-caudal

1 mGy (sin rejilla)
3 mGy (con rejilla)

Fluoroscopia

Modo de funcionamiento	Tasa de dosis absorbida en superficie de entrada (mGy/min)
Normal	25
Alto nivel	100

o reglamentos nacionales, o las normas vigentes. Antes bien, al establecer principios básicos e indicar los diferentes aspectos que debe abarcar un programa eficaz de protección radiológica, su objetivo es servir de guía práctica a las autoridades y servicios públicos, los empleadores y los trabajadores, los organismos especializados de protección

radiológica y los comités encargados de la seguridad y protección de la salud.

Además, no se pretende que sean aplicados al pie de la letra en todos los países y regiones. Por el contrario, deben interpretarse teniendo en cuenta las circunstancias locales, los recursos técnicos y la magnitud de las instalaciones, factores que determinarán las posibilidades de aplicación. Como las NBS tienen por objeto una amplia gama de prácticas y fuentes, muchos requisitos se formulan en términos generales, de modo que quizás alguno de ellos tenga que cumplirse de forma distinta según el tipo de práctica y fuente o de intervención, la naturaleza de las operaciones y las posibilidades de exposición.

Requisitos relativos a las prácticas. Las NBS prescriben requisitos administrativos, de protección radiológica, de gestión, técnicos y de verificación:

Requisitos administrativos. Entre estos cabe mencionar la notificación del propósito de realizar prácticas, el registro de las fuentes o la concesión de licencias para éstas, la responsabilidad de los titulares registrados y los titulares licenciados, así como la exención y supresión del control (dispensa) de las fuentes.

Requisitos de protección radiológica. Entre estos figuran la justificación de las prácticas, la limitación de las dosis a los individuos, la optimización de la protección y seguridad, las restricciones de dosis para las fuentes y los niveles orientativos para la exposición médica. (Véanse los recuadros y los cuadros de las páginas 5, 6, 7, y 8.)

Requisitos de gestión. Entre éstos están los referentes a cultura de la seguridad, garantía de calidad, factores humanos y expertos cualificados. (Véase el recuadro de la página 9.)

Requisitos técnicos. Entre estos se incluyen los de seguridad, defensa en profundidad y buena práctica tecnológica. (Véase el recuadro de la página 9.)

Verificación. Comprende los requisitos de evaluación de la seguridad, verificación del cumplimiento y registros.

Requisitos sobre situaciones de intervención. Las NBS establecen requisitos administrativos y de protección radiológica para situaciones de intervención, a saber:

Requisitos administrativos. Entre estos figuran los relativos a las responsabilidades de las entidades intervinientes, los titulares registrados y los titulares licenciados, así como a la notificación de las situaciones que requieran acciones protectoras.

Requisitos de protección radiológica. Entre estos se incluyen los de justificación de una intervención así como los de optimización de la intervención y los niveles de actuación. (Véanse el recuadro y los cuadros de las páginas 6 y 10.)

Las NBS contienen apéndices que estipulan requisitos detallados sobre todos los tipos de exposición, a saber:

Sobre la exposición ocupacional: Responsabilidades de los empleadores, titulares registrados, titulares licenciados y trabajadores; condiciones de servicio (compensaciones especiales, trabajadoras embarazadas, empleo sustitutivo, condiciones relativas a los jóvenes), requisitos acerca de la clasificación de zonas, reglas y supervisión locales, equipo protector personal, cooperación entre los empleadores, los titulares registrados y los titulares licen-

Requisitos técnicos prescritos por las NBS

Las NBS establecen requisitos técnicos para los siguientes aspectos:

Seguridad de las fuentes. Las fuentes se mantendrán en condiciones de seguridad a fin de evitar robos o daños e impedir que personas no autorizadas realicen cualquiera de las actividades especificadas como obligaciones por las NBS, velando por que: ● no se abandone el control de una fuente sin cumplir antes todos los requisitos pertinentes estipulados en el registro o licencia de que se trate, ni sin que se comunique de inmediato a la autoridad reglamentadora y, cuando proceda, a la organización patrocinadora correspondiente, la información concerniente a la pérdida, el robo o la desaparición de una fuente; ● no se transfiera una fuente a menos que el destinatario posea una autorización válida; y ● se realice periódicamente un inventario de las fuentes, con la frecuencia apropiada para confirmar que se encuentran en los lugares asignados y en condiciones de seguridad.

Defensa en profundidad. Se aplicará a las fuentes un sistema de barreras múltiples de dispositivos de protección y seguridad que esté en consonancia con los riesgos radiológicos de que se trate, de manera que un fallo en una barrera sea compensado o corregido por las barreras siguientes, con el fin de: ● prevenir los accidentes que puedan causar exposición; ● atenuar las consecuencias de tales acci-

dentos, si llegasen a ocurrir; y ● restablecer la seguridad de las fuentes tras un accidente de tal género.

Buena práctica tecnológica. El emplazamiento o la ubicación, diseño, construcción, montaje, puesta en servicio, explotación, mantenimiento y clausura, según el caso, de las fuentes adscritas a las prácticas han de fundarse en sólidos criterios tecnológicos, los cuales deberán, según corresponda: ● reflejar los códigos y normas aprobados, así como otros instrumentos debidamente documentados; ● estar respaldados por características fiables a nivel de gestión y organización, con objeto de garantizar la protección y seguridad durante toda la vida de las fuentes; ● prever suficientes márgenes de seguridad en el diseño y la construcción de las fuentes, y en las operaciones con ellas realizadas, de manera que se logre un comportamiento fiable en condiciones de explotación normal, cuenta habida de las cuestiones relativas a calidad, redundancia y facilidad de inspección, atendiendo en especial a la prevención de accidentes, a la atenuación de sus consecuencias y a la restricción de cualquier exposición futura; y ● tener en cuenta las innovaciones significativas en cuanto a criterios técnicos, así como los resultados de las investigaciones sobre protección y seguridad y las enseñanzas de la experiencia que sean de interés.

Requisitos de gestión prescritos por las NBS

Las NBS establecen una serie de requisitos de gestión para garantizar la seguridad radiológica. Tales requisitos se refieren a los siguientes aspectos:

Cultura de la seguridad. Se deberá establecer y mantener una cultura de la seguridad que estimule una actitud interrogante y deseosa de aprender en lo que respecta a la protección y seguridad, y desincentive la complacencia, velando por que: ● se adopten principios rectores y procedimientos que asignen la máxima prioridad a la protección y seguridad del público y los trabajadores; ● se detecten y corrijan rápidamente, de manera acorde con su importancia, los problemas que afecten a la protección y seguridad; ● se precise claramente la responsabilidad de cada individuo, incluso la del personal directivo superior, en materia de protección y seguridad, y cada persona tenga la capacitación y cualificación apropiadas; ● se constituyan estructuras jerárquicas definidas para la toma de decisiones en materia de protección y seguridad; y ● se adopten disposiciones organizativas y cauces de comunicación cuyo resultado sea la circulación expedita de la información sobre la protección y seguridad en los diferentes niveles de la entidad y entre dichos niveles.

Garantía de calidad (GC). Se establecerán, según proceda, programas de GC que permitan: ● cerciorarse adecuadamente de que se satisfacen los requisitos prescritos de protección y seguridad; y ● disponer de mecanismos y procedimientos de control de calidad para examinar y evaluar la efectividad general de las medidas de protección y seguridad.

Factores humanos. Se ha de prever lo necesario para reducir, hasta donde sea factible, la contribución del error

humano a los accidentes y otros sucesos que puedan originar exposiciones, velando por que: ● todo el personal del que dependan la protección y seguridad posea la capacitación y cualificación adecuadas para tener plena noción de su responsabilidad y desempeñar sus funciones con el discernimiento debido y según los procedimientos establecidos; ● se observen principios ergonómicos bien fundados, según proceda, al diseñar el equipo y los procedimientos de operación, a fin de facilitar la explotación o el uso del equipo en condiciones de seguridad, reducir al mínimo la posibilidad de errores de operación que provoquen accidentes, y disminuir la posibilidad de que se interpreten erróneamente las indicaciones de existencia de condiciones normales o anormales; ● se cuente con el equipo, los sistemas de seguridad y los requisitos de procedimiento apropiados y se adopten otras disposiciones para reducir, en todo lo factible, la posibilidad de un error humano que cause la exposición inadvertida o no intencionada de cualquier persona; ● se disponga de los medios necesarios para detectar los errores humanos y corregirlos o compensarlos, y ● se facilite la intervención en caso de fallo de los sistemas de seguridad o de otras medidas protectoras.

Expertos cualificados. Se deben designar expertos cualificados y disponer de sus servicios para que presten asesoramiento sobre la observancia de las NBS. Los titulares registrados y los titulares licenciados deben informar a la autoridad reglamentadora de las medidas tomadas a fin de disponer de los servicios de expertos necesarios para la observancia de las NBS. En esta información se señalará el alcance de las funciones de los expertos cualificados designados.

Directrices sobre los niveles de intervención en situaciones de exposición de emergencia

Acciones protectoras urgentes		
Acción	Dosis evitable	
Permanencia en edificios	10 mSv por no más de dos días	
Profilaxis con yodo	100 mGy (dosis absorbida comprometida a la tiroides)	
Evacuación	50 mSv por no más de una semana	
Retirada y sustitución de alimentos (Tomado de los niveles orientativos de la Comisión del Codex Alimentarius para los radionucleidos contenidos en alimentos que son objeto de comercio internacional tras una contaminación accidental)		
Radionucleidos	Alimentos destinados al consumo general (kBq/kg)	Leche, alimentos para niños pequeños y agua potable (kBq/kg)
Cesio 134, Cesio 137, rutenio 103, rutenio 106, estroncio 89	1	1
Yodo 131		0,1
Estroncio 90	0,1	
Americio 241, plutonio 238, plutonio 239	0,01	0,001
Acciones a largo plazo		
Acción	Dosis evitable	
Comienzo del realojamiento temporal	30 mSv en un mes	
Terminación del realojamiento temporal	10 mSv en un mes	
Consideración del reasentamiento permanente	1 Sv en toda la vida	

ciados, vigilancia radiológica y evaluación de la exposición individuales, vigilancia de los puestos de trabajo, vigilancia médica, registros y limitación de dosis en circunstancias especiales.

Sobre la exposición médica: Responsabilidades, justificación de las exposiciones médicas, optimización de la protección relativa a las exposiciones médicas, niveles orientativos, restricciones de dosis, actividad máxima en pacientes sometidos a terapia al ser dados de alta en un hospital, investigación de exposiciones médicas accidentales, registros.

Sobre la exposición del público: Responsabilidades, control de los visitantes, fuentes de irradiación externa, contaminación radiactiva en los espacios cerrados, desechos radiactivos, vertido de sustancias radiactivas al medio ambiente, vigilancia radiológica y vigilancia radiológica ambiental, productos de consumo.

Sobre las exposiciones potenciales — seguridad de las fuentes: Responsabilidades, evaluación de la seguridad, requisitos de diseño, requisitos de explotación, garantía de calidad.

Sobre las situaciones de exposición de emergencia: Responsabilidades, planes de emergencia, intervención en las situaciones de exposición de emergencia, evaluación y vigilancia radiológica a raíz de accidentes; fin de la intervención tras un accidente,

protección de los trabajadores participantes en una intervención.

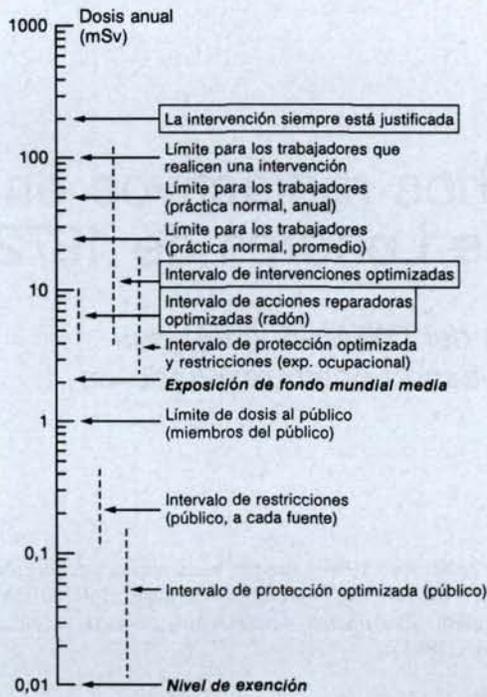
Sobre las situaciones de exposición crónica: Responsabilidades, planes de acciones reparadoras, niveles de actuación para las situaciones de exposición crónica.

Un esfuerzo internacional

Las NBS establecen una amplia serie de requisitos mutuamente relacionados cuyo objetivo es velar por la protección y la seguridad radiológicas. (Véase la figura de la página siguiente.) Si bien la mayoría de ellos son de carácter cualitativo, las NBS también establecen muchos requisitos cuantitativos en forma de restricciones u orientación sobre la dosis que pueden recibir las personas. Esta gama de dosis es amplia y abarca cuatro órdenes de magnitud: desde las dosis consideradas tan insignificantes que carece de objeto su reglamentación y es preferible declararlas exentas de los requisitos, hasta las dosis tan elevadas que hacen que la intervención sea casi obligatoria. (Véase la figura.)

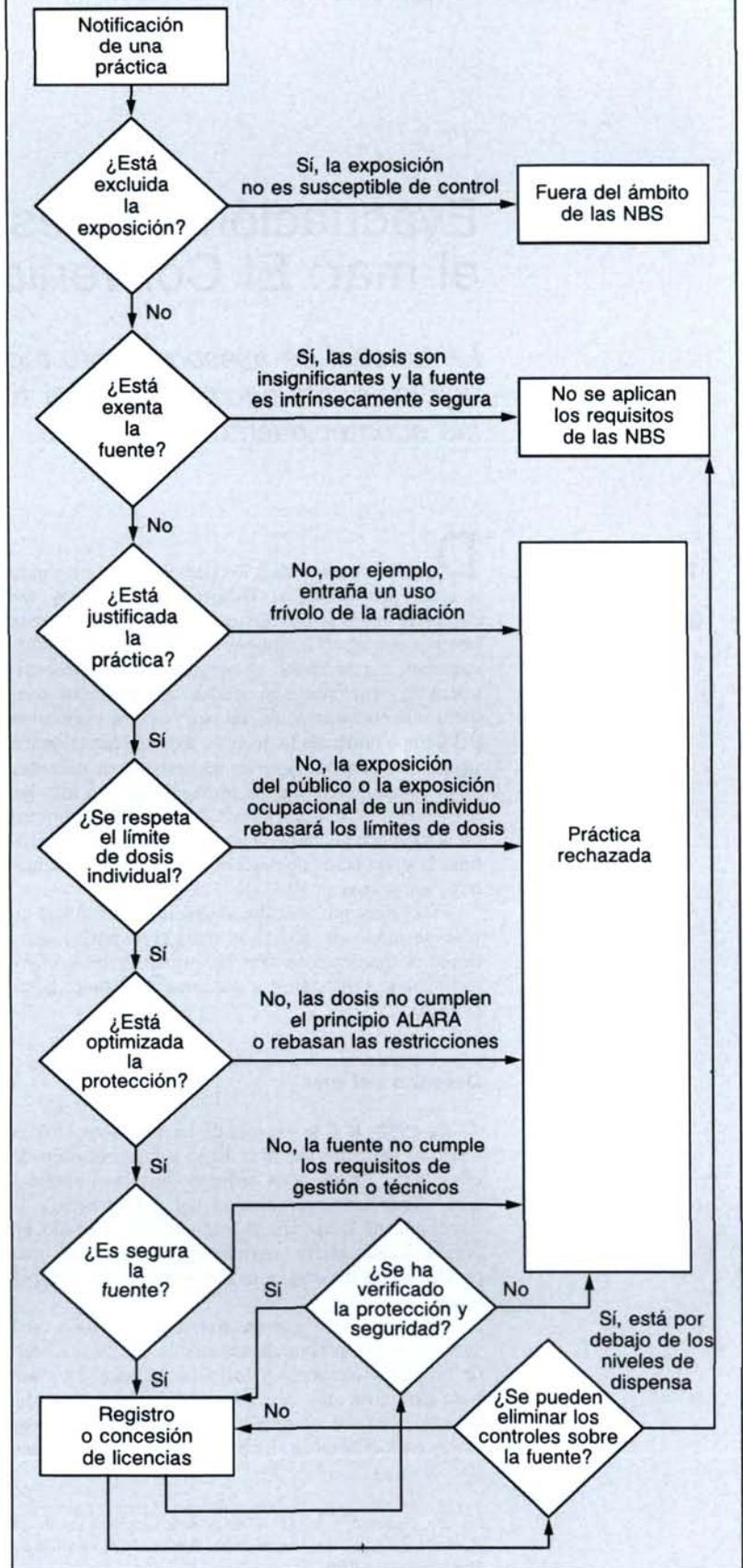
Las NBS constituyen la culminación de los esfuerzos que se han venido realizando en los últimos decenios para la armonización de las normas

Requisitos cuantitativos implícitos y orientación sobre las prácticas



Las NBS contienen un gran número de requisitos mutuamente relacionados que, en su totalidad, ofrecen protección y seguridad adecuadas. Por tanto, resulta imposible parafrasear estos requisitos sin que pierdan su esencia. No obstante, en la figura de la derecha se intenta ofrecer una descripción visual simplificada de cómo funcionan las NBS en relación con las prácticas. En el gráfico se da por sentado el cumplimiento de los requisitos administrativos de registro o concesión de licencia.

Cómo funcionan las NBS en relación con las prácticas



de protección y seguridad radiológicas a nivel internacional. Tras este esfuerzo internacional sin precedentes de redacción y revisión, las NBS fueron aprobadas en una reunión de Comité Técnico que se celebró en la sede del OIEA en Viena, en diciembre de 1993, a la que asistieron 127 expertos de 52 países y 11 organizaciones.

Se espera que la Junta de Gobernadores del Organismo apruebe las NBS en breve. Después, el OIEA las presentará en una publicación provisional (solamente en inglés). Una vez que las demás organizaciones patrocinadoras las hayan aprobado oficialmente, las Normas aparecerán como publicación definitiva de la Colección Seguridad del OIEA en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.