

Guía de Seguridad 11.01

Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire

CSN

Colección Guías de Seguridad del CSN

- | | |
|----|--|
| 1 | Reactores de Potencia y Centrales Nucleares |
| 2 | Reactores de Investigación y Conjuntos Subcríticos |
| 3 | Instalaciones del Ciclo del Combustible |
| 4 | Vigilancia Radiológica Ambiental |
| 5 | Instalaciones y Aparatos Radiactivos |
| 6 | Transporte de Materiales Radiactivos |
| 7 | Protección Radiológica |
| 8 | Protección Física |
| 9 | Gestión de Residuos |
| 10 | Varios |
| 11 | Radiación Natural |

Guía de Seguridad 11.01

Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire

Madrid, 27 de enero de 2010

© Copyright Consejo de Seguridad Nuclear, 2010

Publicado y distribuido por:
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid
<http://www.csn.es>
peticiones@csn.es

Imprime: Imprenta Fareso, S.A.
Paseo de la Dirección, 5. 28039 Madrid

Depósito legal: M.



Impreso en papel reciclado

Índice

Preámbulo	4
1 Objeto y ámbito de aplicación	5
1.1 Objeto	5
1.2 Ámbito de aplicación	5
2 Definiciones	6
3 Sistemas de medidas de la concentración de radón ..	9
4 Recomendaciones relativas a la gestión	10
5 Recomendaciones técnicas	10
5.1 Instalaciones y condiciones ambientales	11
5.2 Métodos de medida y validación de métodos	11
5.3 Equipos	12
5.4 Materiales de referencia y patrones	12
5.5 Almacenamiento, manipulación y transporte de los detectores	13
5.6 Realización de las exposiciones	13
5.7 Lectura de los detectores	15
5.8 Control de calidad	18
6 Referencias bibliográficas	20
Anexo I	22
Anexo II	25

Preámbulo

En febrero de 1990, la Comunidad Europea publicó la Recomendación 90/143/Euratom, para la protección del público contra la exposición al radón en espacios interiores que, aunque no tiene carácter obligatorio para los Estados miembros, constituye dentro de la Unión Europea el marco de referencia para la iniciación de planes de actuación a nivel nacional.

Por otro lado, las Normas Básicas de Protección Sanitaria de la Unión Europea fueron revisadas mediante la Directiva 96/29/Euratom, aprobada por el Consejo el 13 de mayo de 1996. Dentro de las modificaciones más importantes introducidas, se encuentra la extensión de su ámbito de aplicación a actividades profesionales que impliquen una exposición a fuentes naturales de radiación. El contenido de la Directiva 96/29/Euratom se incorporó a la legislación española en el Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, por el que se aprobó el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI). El aspecto de la exposición de los trabajadores a las fuentes naturales de radiación se recoge en su título VII. Específicamente, se destacan las exposiciones al radón (^{222}Rn) y a sus productos de desintegración.

Para el desarrollo del RPSRI en los aspectos relacionados con el título VII, el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear, en su reunión del día 31 de octubre de 2007, aprobó una serie de criterios sobre protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural. Aunque el RPSRI excluye las exposiciones al radón en las viviendas, el CSN, que, siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea, ha considerado también esta exposición, aprobó, entre otros, criterios sobre los siguientes aspectos:

- Concentraciones de radón en lugares de trabajo cuya superación requerirá la adopción de medidas correctoras.
- Concentraciones de radón en viviendas cuya superación requerirá la adopción de medidas correctoras.

Dada la escasez de normativa técnica relativa a la metrología del radón en España, el CSN ha decidido emitir esta Guía de Seguridad específica para la medida de radón en aire. Con ello se pretende fomentar y garantizar la fiabilidad de las medidas de concentraciones de radón, tanto en lugares de trabajo como en viviendas, fomentadas por esta normativa.

1 Objeto y ámbito de aplicación

1.1 Objeto

La presente guía tiene por objeto dar una serie de directrices sobre las actividades y los programas de garantía de calidad de los laboratorios o servicios dedicados a la medida de la concentración en aire de ^{222}Rn (en adelante “radón”). En la mayoría de sus apartados, la guía también es aplicable a la medida de sus descendientes de vida corta. Las recomendaciones realizadas están encaminadas a alcanzar un mayor grado de homogeneidad en los programas de medida de radón llevados a cabo en España y a garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos, lo cual revertirá en una aplicación más efectiva de la legislación vigente relativa a la exposición a dicho gas.

Los criterios generales en que debe basarse un laboratorio o servicio son los establecidos en la norma internacional *Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* (ISO/IEC 17025). El presente documento complementa dicha norma, desarrollando criterios específicos relativos a la medida de radón.

En el anexo I se propone un modelo de formulario para unificar el formato de la información que los laboratorios o servicios deben tener disponible para demostrar la adecuación de sus sistemas de calidad a los criterios propuestos en esta guía.

1.2 Ámbito de aplicación

Esta guía es aplicable a todas las organizaciones que participen en la medida de radón, aunque está principalmente dirigida a servicios de medida, y puede ser utilizada por éstos para desarrollar los sistemas de gestión de la calidad, administrativos y técnicos que rigen sus actividades.

Generalmente, en la medida de radón intervienen diversos agentes:

- Servicio de medida: es el agente responsable de hacer las medidas de radón, incluyendo la exposición de los detectores, y de elaborar el informe final de resultados que será facilitado al cliente.
- Laboratorio de lectura: es el agente encargado de realizar las lecturas de los detectores de lectura indirecta, de cuya exposición se responsabiliza el servicio de medida. El laboratorio de lectura puede estar integrado en el propio servicio de medida, o bien actuar como laboratorio externo.

- **Laboratorio de calibración:** es el agente encargado de calibrar los equipos y de llevar a cabo otras pruebas de validación que requieran la exposición de los detectores en ambientes de radón controlados. Debe estar trazado a un centro de referencia nacional, español o extranjero.
- **Fabricante del equipo de medida:** es el agente que suministra los detectores al servicio de medida. Además debe facilitar las características técnicas y los valores del factor de calibración y estabilidad del equipo o sistema de medida, así como su respuesta a distintas condiciones ambientales.

Cada una de estas organizaciones, independientemente del volumen de sus actividades, deberá disponer de un sistema de gestión para sus actividades de calidad, administrativas y técnicas, adaptado a las actividades que realiza.

2 Definiciones

Los términos generales sobre calidad contenidos en la presente guía se corresponden con los definidos en la Norma ISO 9000 y la Norma ISO/IEC 17000.

Para los fines de esta guía, se aplican los siguientes términos y definiciones:

Actividad volúmica: actividad por unidad de volumen de aire. Se expresa en becquerelios por metro cúbico (Bq/m³).

Cámara de radón: recinto hermético donde los operadores pueden generar y controlar distintos niveles de gas radón y, en su caso, de sus descendientes. El volumen de dicho recinto es tal que el funcionamiento de los aparatos de muestreo o medida allí situados no produce variaciones significativas en los niveles del gas o de sus descendientes en la cámara y dispone de una homogeneidad que permite llevar a cabo calibraciones de los equipos de medida.

Concentración de radón en aire: actividad volúmica de radón-222.

Concentración de radón equivalente en equilibrio (C_{eq}): concentración de ²²²Rn en equilibrio radiactivo con sus descendientes de vida corta que tiene la misma energía alfa potencial por unidad de volumen de aire que la mezcla en desequilibrio que se mide.

Descendientes de vida corta del radón-222 (^{222}Rn): radionucleidos de periodo de desintegración inferior a una hora producidos tras la desintegración del ^{222}Rn : polonio-218 (^{218}Po), plomo-214 (^{214}Pb), bismuto-214 (^{214}Bi) y polonio-214 (^{214}Po).

Detector: referido a la medida de radón, instrumento para la detección de este gas o de sus descendientes de vida corta. Este término engloba a los detectores de tipo pasivo (como electretes, cartuchos de carbono activo, etc.) y a los equipos de medida activos (como cámaras de Lucas, cámaras de ionización, etc.).

Detector pasivo: referido a la medida de radón, instrumento para la detección de este gas o de sus descendientes de vida corta que no incorpora componentes activos (como bombas), y por tanto no requiere el uso de fuentes de alimentación. El muestreo se produce generalmente por difusión.

Energía alfa potencial (de los descendientes del radón): energía alfa total emitida en un volumen de aire determinado por la desintegración de los descendientes de vida corta del ^{222}Rn . La unidad de medida de concentración de energía alfa potencial en el SI es el J m^{-3} .

Factor de equilibrio: relación, F , entre la concentración de radón equivalente en equilibrio (C_{eq}) y la concentración de radón en aire en el momento de la medición (C_0).

$$F = \frac{C_{eq}}{C_0}$$

Incertidumbre de medida (según la referencia 10): parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

- El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación típica (o un múltiplo de ella), o el semirango de un intervalo con un nivel de confianza dado.
- La incertidumbre de medida comprende, en general varias componentes. Algunas de estas componentes pueden determinarse a partir de la distribución estadística de los resultados de series de medidas, y pueden caracterizarse por desviaciones típicas experimentales. Otras componentes, que también pueden ser caracterizadas mediante desviaciones típicas, se evalúan suponiendo determinadas distribuciones de probabilidad, basándose en la experiencia que se posee o en otras informaciones.

- Se entiende que el resultado de una medición es una mejor estimación del valor del mensurando, y que todas las componentes de la incertidumbre, incluyendo aquellas procedentes de efectos sistemáticos, tales como las asociadas a correcciones y a patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

Incertidumbre expandida: parámetro que define el intervalo de confianza en el que se encuentra una fracción amplia de la distribución de valores que pueden ser razonablemente atribuidos al mensurando. Dicho intervalo se obtiene multiplicando la incertidumbre estándar por un factor de cobertura k .

- La fracción puede considerarse como la probabilidad de cobertura o el nivel de confianza del intervalo.
- El factor de cobertura está asociado a una distribución y un nivel particular de confianza; por ejemplo para una distribución normal al 95% de confianza, $k \approx 2$.

Método de medida en continuo: referido a la medida de radón, aquel consistente en una toma de muestra realizada de manera continua, o repetidamente a intervalos inferiores a unas pocas horas, y en un análisis simultáneo realizado de forma automática.

Método de medida integrado: referido a la medida de radón, aquel consistente en un muestreo cuya duración comprenda al menos un ciclo completo de las fluctuaciones periódicas en la concentración de radón (ejemplo: un día completo) y una medida realizada a la finalización del muestreo.

Precisión (según la referencia n.º 11): grado de coincidencia existente entre los resultados independientes de un ensayo, obtenidos en condiciones estipuladas.

- La precisión depende únicamente de la distribución de los errores aleatorios y no está relacionada con el valor verdadero o especificado.
- La precisión se expresa generalmente en términos de falta de precisión, calculándose a partir de la desviación típica de los resultados. A mayor desviación típica menor precisión.
- “Resultados de ensayos independientes” significa resultados obtenidos sin que exista influencia de un resultado previo sobre el mismo objeto o similar de ensayo. La expresión cuantitativa de la precisión depende en forma crítica de las condiciones estipuladas. Las condiciones de repetibilidad y reproducibilidad son conjuntos particulares de condiciones extremas.

Fondo (de un sistema o instrumento de medida): respuesta de un sistema o instrumento determinado al medir una muestra de fondo. Ejemplos típicos de medidas de fondo son las realizadas en un detector de semiconductor con detectores de carbono activo no expuestos o para un monitor en continuo aquellas efectuadas haciendo circular gases libres de radón (ejemplo: aire envejecido o nitrógeno).

3 Sistemas de medida de la concentración de radón

En condiciones normales, el radón en aire no se encuentra en equilibrio con sus descendientes de vida corta, ya que éstos tienden a adherirse a los aerosoles en suspensión y una fracción de ellos es eliminada por procesos de depósito y sedimentación. Si bien el riesgo radiológico ligado a la exposición al radón en aire no es consecuencia directa de la inhalación del propio gas sino de sus productos de desintegración de vida corta, la mayoría de los sistemas de medida existentes determinan, por motivos prácticos, la concentración de ^{222}Rn en aire en lugar de medir directamente la de sus descendientes. De hecho, gran parte de la normativa y las recomendaciones internacionales están expresadas en términos de la concentración de radón en aire, que suele relacionarse con la concentración de sus descendientes a través de un factor de equilibrio teórico¹.

Los equipos de medida de radón pueden dividirse en dos categorías, en función del tiempo de exposición necesario para obtener medidas fiables:

- Sistemas de medida en continuo, con tiempos de integración cortos, que van desde algunos minutos a varias horas. Estos sistemas son útiles, por ejemplo, para estudiar las fluctuaciones temporales a corto plazo de la concentración de radón o para localizar focos de exhalación de radón en un edificio con el fin de planificar acciones de mitigación.
- Sistemas que realizan medidas en periodos largos de exposición, que varían entre unos cuantos días y algunos meses. Las medidas de varios días de duración son de utilidad cuando hay que llevar a cabo una evaluación urgente de la situación, o en campañas de medida de radón de carácter exploratorio con el fin de realizar un cribado preliminar. Para la determinación de concentraciones promedio de radón anuales o estacionales en viviendas y lugares de trabajo se recomienda hacer uso de sistemas con tiempos de exposición de varios meses.

⁽¹⁾ Habitualmente se asigna a F un valor de 0,6 al aire libre y de 0,4 en ambientes cerrados (Ref. 4).

Los equipos del primer grupo suelen disponer de un sistema de lectura directa mediante pantalla o almacenamiento en soporte electrónico, mientras que los sistemas del segundo grupo son de lectura indirecta, esto es, requieren el uso de instrumentación adicional para poder estimar la concentración de radón. Además, los sistemas de medida en continuo son, en general, activos, es decir emplean aire forzado para la captación de la muestra, mientras que los sistemas integradores y con tiempos largos de exposición son de tipo pasivo.

4 Recomendaciones relativas a la gestión

El laboratorio o servicio debe establecer, implantar y mantener un sistema de gestión apropiado para el ámbito de sus actividades.

Los requisitos relativos a la gestión de laboratorios y servicios objeto de esta guía deben adaptarse, en la medida de lo posible, a los especificados en el capítulo 4 de la norma ISO/IEC 17025.

El manual de calidad debe incluir los procedimientos de apoyo o hacer referencia a ellos, incluidos los procedimientos técnicos (cómo mínimo, debe disponerse de procedimientos referidos al almacenamiento, manipulación, transporte, exposición y lectura o análisis de los detectores, así como a los métodos de control de calidad de los resultados, incluido el proceso de calibración).

Tanto el manual como los procedimientos deben ser controlados para garantizar que la última revisión se encuentre a disposición de todo el personal en los lugares de consulta. Se debe designar un responsable de la elaboración, aprobación, distribución y archivo de dicha documentación. La documentación debe revisarse como mínimo cada tres años, y los documentos obsoletos deben guardarse al menos durante cinco años.

5 Recomendaciones técnicas

Las recomendaciones relacionadas con las actividades de carácter técnico que llevan a cabo los laboratorios o servicios de medida de radón se desarrollan en los siguientes subapartados.

5.1 Instalaciones y condiciones ambientales

Las condiciones ambientales del laboratorio o servicio a las que estén sometidos los detectores durante el periodo de almacenamiento o durante la etapa de lectura son de especial importancia porque pueden influir en los resultados de las medidas. Deben documentarse aquellas condiciones ambientales que puedan afectar a los resultados: temperatura, humedad relativa, tasa de dosis gamma ambiental, concentración de torón (^{220}Rn)... Además, cuando estas condiciones sean críticas, deberán vigilarse, controlarse y registrarse de forma adecuada, haciéndolo para cada zona por separado en caso de que las condiciones no sean homogéneas en todo el recinto. Asimismo es aconsejable controlar y registrar la concentración ambiental de radón, puesto que en el cálculo de concentraciones de radón puede ser necesario introducir correcciones debidas a este fondo.

5.2 Métodos de medida y validación de métodos

El laboratorio o servicio debe utilizar, en la medida de lo posible, métodos y procedimientos normalizados, adoptando la actualización más reciente de éstos. Los métodos desarrollados internamente y las modificaciones de métodos normalizados deben ser validados con el fin de garantizar su adecuación para los fines pretendidos. Para ello, se evaluará la totalidad del procedimiento, incluyendo la calibración, el almacenamiento, la manipulación, el transporte de los detectores, la exposición, la lectura y la estimación de las incertidumbres y las técnicas estadísticas utilizadas en el análisis de datos.

El laboratorio o servicio debe documentar todos los métodos con el grado de detalle necesario para asegurar su correcta aplicación y repetibilidad. Para cada método particular, debe establecerse la especificación individual de los requisitos que garanticen su consecución, y obtenerse los datos necesarios para verificar el cumplimiento de estos requisitos. En particular la documentación debe contemplar los siguientes aspectos:

- Reproducibilidad.
- Sensibilidad.
- Límite de detección.
- Programas de intercomparación de laboratorios.

5.3 Equipos

El laboratorio o servicio debe mantener un inventario de toda la instrumentación necesaria para realizar las medidas. Dentro de la instrumentación se han de incluir los detectores y los equipos auxiliares necesarios para hacer las correspondientes lecturas.

La organización constituida por todos los agentes que participen coordinadamente en la medida de radón tiene que disponer de todos los medios y equipos necesarios para la correcta realización de las exposiciones, medidas o calibraciones. Se deben llevar a cabo con regularidad labores de mantenimiento y verificación para asegurar que todos los equipos cumplen las especificaciones técnicas requeridas, y se llevará un registro de estas actividades.

Todos los detectores y los equipos auxiliares deben estar dotados de una identificación única. Además, cada equipo (detectores activos y equipos auxiliares) debe disponer de un registro que incluya la siguiente información:

- Nombre del equipo y código de referencia identificativo.
- Nombre del fabricante, modelo y número de serie.
- Características técnicas.
- Fecha de recepción.
- Emplazamiento habitual.
- Certificados de calibración.
- Resultados de la participación en intercomparaciones.
- Detalles sobre el mantenimiento realizado.
- Historial de cualquier daño, fallo de funcionamiento, modificación o reparación.

5.4 Materiales de referencia y patrones

Los materiales de referencia (incluidos los materiales de referencia certificados) deben etiquetarse claramente de manera que puedan identificarse sin ambigüedades, haciéndose constar la información referente al período de validez, las condiciones de conservación, la aplicabilidad y las restricciones de uso.

5.5 Almacenamiento, manipulación y transporte de los detectores

A la recepción de cada equipo o lote de detectores, deberá procederse a su inspección e identificación unívoca y a la realización de las pruebas oportunas para asegurar que mantienen las características técnicas establecidas en el sistema de calidad. En el caso de detectores de un único uso (como los detectores sólidos de trazas) o de unos pocos usos (como los detectores de tipo electrete) se seleccionará y apartará de cada lote un número de unidades estadísticamente representativo para efectuar las comprobaciones necesarias.

Los detectores que no se encuentren en la fase de exposición o medida, se almacenarán en lugares que satisfagan las recomendaciones indicadas por el fabricante, a fin de evitar que se produzcan cambios en sus propiedades. Como criterio general, los detectores se deben almacenar en ambientes con concentraciones de radón y tasas de dosis de radiación bajas, y en condiciones de temperatura y humedad relativa de confort.

El método de transporte de los detectores debe garantizar que éstos no sufran modificaciones durante el trayecto y evitar, en la medida de lo posible, exposiciones al radón. En general se ubicarán en bolsas herméticas y en cajas acolchadas. Puede ser necesario, además, disponer, a modo de control, de un grupo de detectores de tránsito que se devolverán sin haber sido expuestos al laboratorio de medida.

Una vez el detector haya sido transportado al lugar de medida, su manipulación para el inicio de la exposición, así como el procedimiento a seguir una vez finalizada ésta, debe estar sistematizado. En caso de que los detectores hayan sido enviados al personal de un lugar de trabajo, o al ocupante de una vivienda, para que se responsabilice de su colocación y retirada, se adjuntará una hoja de instrucciones y de registro suficientemente detallada para permitir la manipulación por personal no experto y el correcto registro de los datos relevantes.

Los procesos de manipulación de los detectores para su lectura y de la instrumentación asociada, así como la preparación de los agentes químicos, si fueran necesarios, deben estar sistematizados y documentados de forma detallada.

5.6 Realización de las exposiciones

Para que los resultados de las medidas sean representativos de la concentración de radón en aire en lugar de interés es aconsejable seguir las pautas que se exponen en los siguientes puntos.

5.6.1 Consideraciones previas a la exposición

Cuando vayan a realizarse medidas de larga duración, los planes de ocupación del edificio durante el periodo de exposición deben conocerse antes de distribuir los detectores. No deben emprenderse las medidas si los ocupantes tienen previsto mudarse o si van a hacer reformas en los sistemas de ventilación o calefacción.

Si la duración de las exposiciones es inferior a una semana, las ventanas y las puertas exteriores deben permanecer cerradas durante al menos las doce horas previas a la colocación de los detectores, pudiéndose llevar a cabo únicamente las actividades habituales de entrada y salida de la vivienda o edificio procurando tener abierta la puerta el menor tiempo posible. Estas condiciones de edificio cerrado deben mantenerse durante toda la exposición. Si existen sistemas de remedio activos, deben estar en funcionamiento desde doce horas antes de que se inicie la exposición. Además, debe evitarse, en la medida de lo posible, realizar las exposiciones durante periodos de condiciones meteorológicas adversas como tormentas fuertes y vientos intensos, que pueden provocar modificaciones sustanciales en los niveles habituales de radón.

5.6.2 Colocación de los detectores

La localización de los detectores dentro de los recintos debe elegirse de forma que sea representativa de las zonas ocupadas de la totalidad del lugar de trabajo o vivienda. El número de lugares de medida dentro de las diferentes zonas varía en función de la superficie total y de su configuración. En lugares de trabajo debe tenerse en cuenta la localización de los distintos puestos, así como las características del sistema de ventilación, en especial la distribución de entradas y salidas de aire.

Los detectores se deben situar a una altura no inferior a 50 cm sobre nivel del suelo, a una distancia de más de 30 cm de paredes exteriores y 10 cm de otros objetos y nunca dentro de armarios. Tampoco deben colocarse próximos a corrientes de aire (ventanas, ventiladores...), ni exponerse directamente al sol u otras fuentes de calor. También deben evitarse aquellos lugares dónde la humedad pueda ser elevada, como cocinas, lavaderos o cuartos de baño.

Antes de su colocación debe examinarse el detector para comprobar que no se ha dañado durante el transporte.

5.6.3 Recogida de los detectores

La recogida de los detectores pasivos debe realizarse antes de la finalización del periodo de exposición máximo recomendado. En condiciones especiales pueden aceptarse modificaciones sobre dicho periodo, pero nunca cuando se hayan producido variaciones respecto a los parámetros característicos del detector recomendados por el fabricante.

A su recogida, el detector debe ser inspeccionado visualmente para comprobar que no se ha dañado y cerrarse, asegurándose de que se ha realizado esta operación adecuadamente.

5.6.4 Registro de la exposición

El responsable de las exposiciones debe guardar suficiente información en un registro permanente para poder interpretar los resultados y hacer comparaciones.

Con carácter general se recomienda incluir la siguiente información, teniendo en cuenta que para cada método en particular deberá añadirse, además, la información específica oportuna:

- Fecha y hora de comienzo y fin de la exposición.
- Diversa información de utilidad, como tipo de edificio, sistema de calefacción y/o aire acondicionado, existencia de sótano o plantas subterráneas, presencia de humidificadores o filtros de aire, hábitos de los ocupantes, etc.
- Circunstancias que puedan inducir a valores anómalos en las medidas (concentraciones elevadas de radón, condiciones meteorológicas atípicas...).
- Número de serie y fabricante del detector y código o descriptor identificativo del cliente.
- Dirección completa del lugar de medida.
- Esquema gráfico indicando la ubicación de los detectores.

Asimismo debe verificarse que las condiciones ambientales durante la exposición sean las recomendadas para los sistemas de detección utilizados, lo cual se hará constar en el registro.

5.7 Lectura de los detectores

Los criterios a seguir al realizar las lecturas, hacer los cálculos de las concentraciones de radón y presentar los resultados finales se recogen a continuación.

5.7.1 Requisitos de lectura

En general, para los detectores de medida indirecta las lecturas deben realizarse *in situ* o en el laboratorio, a la mayor brevedad posible. Se describirá de forma detallada la sistemática utilizada para realizar las lecturas de los detectores de lectura indirecta y el proceso de toma de datos en los monitores de lectura directa.

Es importante vigilar y registrar todos los parámetros que puedan influir significativamente en los resultados de las medidas. El tiempo que un detector ha estado almacenado en el laboratorio puede influir en su sensibilidad y modificar su fondo.

Al calcular la concentración de radón deben hacerse, cuando sea necesario, las correcciones de fondo debido a factores como la radiación gamma o la concentración de radón a la que se hayan visto expuestos los detectores durante la etapa de transporte o almacenamiento.

Si las condiciones ambientales al realizar la lectura son significativamente distintas a las existentes durante la exposición, podría ser necesario introducir un factor de corrección (consultar con el fabricante).

En el caso de que se haya producido una saturación del detector tal que imposibilite su lectura, debe informarse del nivel de radón por encima del cual se encuentra la concentración de radón en el ambiente donde ha tenido lugar la exposición (estimado como la concentración de radón mínima que imposibilitaría la lectura del detector teniendo en cuenta el tiempo de exposición).

5.7.2 Expresión de resultados

Los valores medidos deben presentarse en el informe correspondiente como concentraciones medias de ^{222}Rn (Bq/m^3) durante el periodo de medida, junto con el valor de la incertidumbre expandida y el factor k utilizado, asociando cada valor con el lugar específico de medida e incorporando a los resultados la información pertinente recopilada de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.6.4.

Además hay que reportar siempre el valor del límite de detección del procedimiento empleado. Se recomienda calcular el valor del límite de detección de acuerdo a los grupos de normas ISO 11843 o ISO 11929 o a un método equivalente.

La incertidumbre asociada a la concentración de radón puede calcularse de acuerdo con los criterios de la *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida* (Ref. 10) siendo necesario tener en cuenta las siguientes contribuciones:

- Incertidumbre asociada al factor de calibración.
- Variabilidad en el proceso de fabricación de los detectores (a estimar por el fabricante).
- Incertidumbre asociada al proceso de lectura.
- Incertidumbre asociada al fondo de los detectores.
- Incertidumbres relacionadas con parámetros externos, como la temperatura, la presión, la humedad, u otros parámetros que puedan afectar al detector.
- Otras incertidumbres relevantes no mencionadas anteriormente.

Asimismo, el informe final de resultados debe incluir la siguiente información:

- Nombre y dirección del servicio de medida.
- Nombre y dirección del cliente.
- Identificación del sistema de medida.
- En caso de que alguna actividad, como la lectura, haya sido subcontratada con otro servicio, identificación del mismo.
- Cualquier otra información relevante para la interpretación de los resultados o requerida por el cliente.

El informe de resultados debe estar firmado por la persona o personas que aceptan la responsabilidad técnica del informe de medida, y en él constará su fecha de emisión. Es esencial almacenar los resultados en un soporte informático adecuado, con el objeto de mantener un archivo de los valores medidos en cada una de las viviendas o edificios.

5.8 Control de calidad

Los programas desarrollados por los laboratorios y servicios deben incluir medidas de control de calidad interno y externo.

5.8.1 Control de calidad interno

El laboratorio o servicio debe disponer de procedimientos adecuados de control de calidad y definir claramente en la documentación todas las medidas de su sistema de calidad que permitan comprobar la validez de los resultados. Deben contemplarse al menos los siguientes aspectos:

Comprobaciones periódicas de los instrumentos

Los operadores que realizan las medidas deben efectuar comprobaciones de los instrumentos, tanto periódicamente como antes de la realización de las medidas. Esto obedece a un doble objetivo: verificar el correcto funcionamiento de los equipos, y probar la capacidad de los operadores en el manejo de éstos. Las comprobaciones deberán incluir todas aquellas recomendadas por el fabricante de los equipos o detectores.

Realización de medidas duplicadas

Al menos para un 5% de los detectores de tipo pasivo expuestos deben realizarse medidas duplicadas. Esto consiste en efectuar dos medidas en puntos adyacentes, durante el mismo periodo de exposición. La precisión del método de medida se evaluará a partir de dichas medidas duplicadas. Para ello, se calcula el valor del coeficiente de variación, que debe representarse en un gráfico de control (ver Anexo II). Este procedimiento no es fiable para medidas de concentraciones de radón próximas al límite de detección.

Para los sistemas de medida en continuo, si el laboratorio cuenta con más de un equipo de estas características, la precisión puede estimarse haciendo funcionar un segundo sistema adyacente al primero.

Utilización de detectores de control

Los detectores pasivos suelen suministrarse en grandes lotes. A la recepción de cada lote, debe separarse un número representativo de detectores (que puede ser de un 5%) y analizarse mediante los procedimientos habituales con el fin de caracterizar el fondo del laboratorio

para cada lote. Con algunos de estos detectores también pueden llevarse a cabo verificaciones para garantizar que se mantiene su sensibilidad.

Al hacer un envío de detectores, debe igualmente separarse un número de ellos (por ejemplo, un 5%) y mantenerlos sellados en un recinto con baja concentración de radón. A partir de la lectura de estos detectores se estimará el valor del fondo acumulado durante el envío y el almacenamiento. Si el valor de fondo es significativamente más alto que el límite de detección, este valor deberá sustraerse al resultado de la lectura de cada detector. Podría ser aconsejable, además, utilizar un segundo grupo de detectores de control para caracterizar el fondo de los detectores desde que se efectúa la recogida, tras finalizar la exposición, hasta que tiene lugar el análisis.

Para los equipos de medida en continuo deben realizarse periódicamente medidas del fondo haciendo operar el sistema en un ambiente con baja concentración de radón o bien haciendo circular nitrógeno u otro gas libre de radón a través de éste.

5.8.2 Control de calidad externo

Calibración de los equipos

Para los detectores de un único o de unos pocos usos, debe realizarse una calibración para cada lote o serie, escogiendo de manera aleatoria una muestra representativa de detectores a partir de la cual se establecerá o verificará el factor de conversión a concentración de radón suministrado por el fabricante. Dicho factor será aplicado para todos los detectores de la serie. La calibración debe llevarse a cabo en una cámara de radón certificada y debe incluir exposiciones a distintas concentraciones de radón (un mínimo de tres) que varíen dentro del rango de valores esperables en la práctica.

Para los detectores de medida en continuo, la calibración debe llevarse a cabo al menos con periodicidad anual. En caso de que se establezca un programa de pruebas de verificación complementario (exposiciones en ambientes con concentraciones de radón conocidas y constantes, utilización de estándares de radón certificados), la calibración en cámara de radón certificada podrá llevarse a cabo con periodicidad bienal.

Participación en ejercicios de intercomparación

El laboratorio o servicio debe además participar, en la medida de lo posible, en campañas de intercomparación nacionales o internacionales. Cada servicio de medida deberá disponer de criterios de aceptación o rechazo de sus resultados y establecer un proceso de investigación y corrección en este último caso.

6 Referencias bibliográficas

1. Directiva 96/29/Euratom del Consejo, de 13 de mayo de 1996, por lo que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos resultantes de las radiaciones ionizantes (DOCE L159).
2. Real Decreto 783/2001 de 6 de julio por el que se aprueba el *Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes*. (BOE nº 178, de 26 de julio de 2001).
3. Recomendación de la Comisión de 21 de febrero de 1990 relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición a radón en el interior de los edificios (90/143/Euratom). DOCE L80.
4. UNSCEAR 2000: *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. UNSCEAR report to the General Assembly. Nueva York, 2000.
5. *Indoor radon and radon decay product measurement device protocols*. EPA-402-R-92-004. U.S. Environmental Protection Agency, 1992 (revised).
6. *Protocols for radon and radon decay product measurements in homes*. EPA 402-R-93-003 U.S. Environmental Protection Agency, 1993.
7. *Measurement protocol for determining the annual average radon concentration in a home*. SSI document 94-05. Swedish Radiation Protection Institute, 1994.
8. IEC 61577-2. *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure de radon et descendants du radon*. Partie 2: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure du radon. IEC 2000
9. Propuesta de guía para obtener la autorización del CSN para la realización de medidas de la concentración de radón en aire. A. Vargas. Informe al CSN, 2005.
10. *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML. Organización Internacional de Normalización, impresa en Suiza, ISBN 92-67-10188-9, primera edición, 1993. Corregida y reimpressa en 1995.

11. ISO 3534-1 Statistics - Vocabulary and symbols. Part 1: Probability and general statistical terms. ISO, Ginebra, 1993
12. ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. ISO, Ginebra, 2000.
13. ISO/IEC 17000. Conformity assessment - Vocabulary and general principles. ISO, Ginebra, 2004.
14. ISO/IEC 17025. Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. ISO, Ginebra, 2005.
15. ISO 11843. Capability of detection. ISO, Ginebra, Part 1: 1997; Part 2: 2000; Part3: 2003; Part 4: 2003; Part 5: 2008.
16. ISO 11929-7. Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements - Part 7: Fundamentals and general applications. ISO, Ginebra, 2005.
17. ISO 7870. Control Charts - General Guide and Introduction. ISO, Ginebra, 1993.

Anexo I

A continuación se propone un modelo de formulario con la finalidad de unificar el formato de la información que un laboratorio o servicio debe tener disponible para demostrar la adecuación de su sistema de calidad a los criterios propuestos en esta guía:

Datos del laboratorio

Nombre entidad:
NIF:
Dirección:
Población:
Persona de contacto:
Teléfono:
Correo electrónico:

Descripción del equipo de medida

Datos del equipo

Marca:		
Modelo:		
Tipo de detector:		
Periodo de medida	Corto ☐	Largo ☐

Características del sistema de medida

Características de funcionamiento

Rango de medida operativo*:				
Rango de condiciones ambientales recomendado:				
Límite de detección*:				
Fondo del equipo*:				
En caso de lectura indirecta:	Laboratorio propio	Laboratorio externo	Nombre laboratorio externo	Acreditación calidad
	☐	☐		SI ☐ NO ☐

Calibración del equipo (datos de la última calibración)

Laboratorio/Centro	Fecha
--------------------	-------

(*) Expresado como concentración de radón en Bq/m³.

Estructura y organización

	Documento/Capítulo
Naturaleza jurídica de la entidad propietaria	
Organigrama del servicio de medida	
Relación del personal y responsabilidades	
Imparcialidad, independencia e integridad del personal	
Documentación del sistema de calidad	

Procedimientos operativos

	Documento/Capítulo
Descripción del sistema de medida	
Procedimientos de recepción e inspección de detectores	
Inspección y comprobación del lote	
Determinación del fondo del lote	
Identificación de los detectores	
Procedimientos de manipulación y transporte de detectores	
Transporte de los detectores	
Almacenamiento de los detectores	
Tratamiento y manipulación del detector e instrumentación para su lectura (aplica para lectura indirecta)	
Manipulación del detector para la realización de exposiciones	
Procedimientos para la realización de la exposición	
Ubicación y periodo de exposición	
Registro de los datos de la exposición	
Procedimientos de determinación de la concentración	
Procedimiento de lectura (aplica para lectura indirecta) y recogida de datos (aplica para lectura directa)	
Cálculo de la concentración e incertidumbre	
Influencia de las condiciones ambientales	
Registro de resultados	
Informe de resultados	

Procedimientos de control de calidad

Procedimiento de calibración del sistema

Documento/Capítulo

Calibración en cámaras de radón trazadas a un centro de referencia

Procedimientos de verificación

Utilización de detectores de referencia y dispositivos de verificación

Exposición de detectores en ambientes controlados. Participación en intercomparaciones

Realización de medidas duplicadas

Utilización de detectores de tránsito

Procedimientos de mantenimiento de la instrumentación

Inventario e historial de detectores e instrumentación

Procedimientos de mantenimiento

Anexo II Elaboración de gráficos de control basados en el coeficiente de variación

Los gráficos de control son herramientas estadísticas que permiten detectar valores anómalos y tendencias en series temporales. Los gráficos de control basados en el coeficiente de variación (CV) suelen utilizarse cuando la precisión esperada es función de la media, como ocurre en la medida de concentraciones de radón.

En este caso, los límites de control pueden expresarse en términos del coeficiente de variación. Los límites de aviso y control (ver figura 1) se fijan en valores tales que la probabilidad de encontrar un nivel mayor de discrepancia entre duplicados sea del 5 y del 1%, respectivamente.

Un método para obtener los percentiles de la distribución de los CVs es aplicar el test chi-cuadrado (χ^2), donde χ^2 para medidas duplicadas puede aproximarse cómo:

$$\chi^2 \approx \left[2 + (2/CV^2) \right] \left[CV_n^2 / (2 + CV_n^2) \right],$$

siendo CV_n el CV observado del par n y CV el CV de control.

Para un valor de CV de 0,10 (característico de las medidas de radón a concentraciones superiores a 150 Bq m⁻³), la expresión anterior se reduce a:

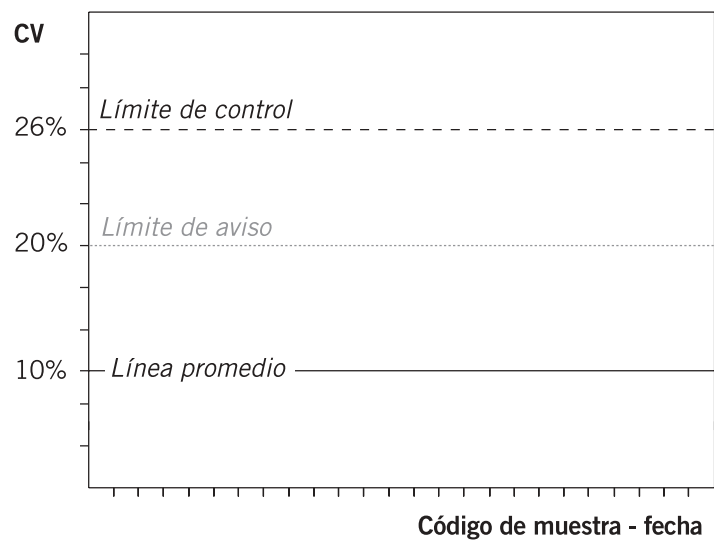
$$\chi^2 \approx 202 \left[CV_n^2 / (2 + CV_n^2) \right]$$

Refiriéndose a las tablas para χ^2 , se obtiene que la probabilidad de exceder un χ^2 de 3,84 es del 5%. Sustituyendo χ^2 por ese valor y despejando CV_n , resulta $CV_n = 0,20$. Este nivel de probabilidad constituye el nivel de aviso. El nivel de control corresponde a un χ^2 de 6,63 y a un CV_n de 0,26, siendo la probabilidad 1% de exceder ese valor del 1%.

Los resultados del CV para cada par de medidas duplicadas deben representarse en el gráfico de control, anotando el código de muestra y la fecha en el eje x. Cuando se hayan representado más de 20 valores puede contrastarse si los resultados son coherentes con el nivel de precisión teórico del 10%. En caso contrario debería elaborarse un nuevo gráfico de control adaptado al laboratorio. A concentraciones próximas al límite de detección este méto-

do no es válido, por lo que las medidas a representar deben corresponder a concentraciones de radón significativamente más elevadas.

Figura 1: Gráfico de control elaborado para un nivel de precisión del 10%



Colección Guías de Seguridad

1. Reactores de potencia y centrales nucleares

1.1 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación en centrales nucleares.

CSN, 1986 (16 págs.) Referencia: GSG-01.01.

1.2 Modelo dosimétrico en emergencia nuclear.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.02.

1.3 Plan de Emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1987 (Rev. 1, 2007), (32 págs.) Referencia: GSG-01.03.

1.4 Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos emitidos por centrales nucleares.

CSN, 1988 (16 págs.) Referencia: GSG-01.04.

1.5 Documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

CSN, 1990 (Rev. 1, 2004), (48 págs.) Referencia: GSG-01.05.

1.6 Sucesos notificables en centrales nucleares en explotación.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.06.

1.7 Información a remitir al CSN por los titulares sobre la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1997 (Rev. 2, 2003), (64 págs.) Referencia: GSG-01.07.

1.9 Simulacros y ejercicios de emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2006), (20 págs.) Referencia: GSG-01.09.

1.10 Revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2008), (24 págs.) Referencia: GSG-01.10.

1.11 Modificaciones de diseño en centrales nucleares.

CSN, 2002 (48 págs.) Referencia: GSG-01.11

1.12 Aplicación práctica de la optimización de la protección radiológica en la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1999 (32 págs.) Referencia: GSG-01.12.

1.13 Contenido de los reglamentos de funcionamiento de las centrales nucleares.

CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG-01.13.

1.14 Criterios para la realización de aplicaciones de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2001 (Rev. 1, 2007), (32 págs.) Referencia: GSG-01.14.

1.15 Actualización y mantenimiento de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2004 (38 págs.) Referencia: GSG-01.15.

1.16 Pruebas periódicas de los sistemas de ventilación y aire acondicionado en centrales nucleares.

CSN, 2007 (24 págs.) Referencia: GSG-01.16.

1.17 Aplicación de técnicas informadas por el riesgo a la inspección en servicio (ISI) de tuberías.

CSN, 2007 (36 págs.) Referencia: GSG-01.17.

1.18 Medida de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares.

CSN, 2008 (76 págs.) Referencia: GSG-01.18.

2. Reactores de investigación y conjuntos subcríticos

3. Instalaciones del ciclo del combustible

4. Vigilancia radiológica ambiental

4.1 Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares.
CSN, 1993 (24 págs.) Referencia: GSG-04.01.

4.2 Plan de Restauración del Emplazamiento.
CSN, 2007 (30 págs.) Referencia: GSG-04.02.

5. Instalaciones y aparatos radiactivos

5.1 Documentación técnica para solicitar la autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas de manipulación y almacenamiento de radionucleidos no encapsulados (2ª y 3ª categoría).
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (32 págs.) Referencia: GSG-05.01.

5.2 Documentación técnica para solicitar autorización de las instalaciones de manipulación y almacenamiento de fuentes encapsuladas (2ª y 3ª categoría).
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (28 págs.) Referencia: GSG-05.02.

5.3 Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas.
CSN, 1987 (12 págs.) Referencia: GSG-05.03.

5.5 Documentación técnica para solicitar autorización de construcción y puesta en marcha de las instalaciones de radioterapia.
CSN, 1988 (28 págs.) Referencia: GSG-05.05.

5.6 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas.
CSN, 1988 (20 págs.) Referencia: GSG-05.06.

5.7 Documentación técnica necesaria para solicitar autorización de puesta en marcha de las instalaciones de rayos X para radiodiagnóstico.
CSN, 1988 (16 págs.) Referencia: GSG-05.07
Anulada⁽¹⁾.

5.8 Bases para elaborar la información relativa a la explotación de instalaciones radiactivas.
CSN, 1988 (12 págs.) Referencia: GSG-05.08.

5.9 Documentación para solicitar la autorización e inscripción de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X.
CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-05.09.

5.10 Documentación técnica para solicitar autorización de instalaciones de rayos X con fines industriales.
CSN, 1988 (Rev. 1, 2006), (24 págs.) Referencia: GSG-05.10.

5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico.
CSN, 1990 (28 págs.) Referencia: GSG-05.11.

5.12 Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas.
CSN, 1998 (64 págs.) Referencia: GSG-05.12.

5.14 Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial.
CSN, 1999 (64 págs.) Referencia: GSG-05.14.

⁽¹⁾ Esta guía ha quedado sin validez al entrar en vigor, el 4 de mayo de 1992, el Real Decreto sobre instalación y autorización de los equipos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

5.15 Documentación técnica para solicitar aprobación de tipo de aparato radiactivo.

CSN, 2001 (28 págs.) Referencia: GSG-05.15

5.16 Documentación técnica para solicitar autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas constituidas por equipos para el control de procesos industriales.

CSN, 2001 (32 págs.) Referencia: GSG-05.16.

6. Transporte de materiales radiactivos

6.1 Garantía de calidad en el transporte de sustancias radiactivas.

CSN, 2002 (32 págs.) Referencia: GSG-06.01

6.2 Programa de protección radiológica aplicable al transporte de materiales radiactivos.

CSN, 2003 (54 págs.) Referencia GSG-06.02.

6.3 Instrucciones escritas de emergencia aplicables al transporte de materiales radiactivos por carretera.

CSN, 2004 (28 págs.) Referencia: GSG-06.03.

6.4 Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte.

CSN, 2006 (36 págs.) Referencia: GSG-06.04

7. Protección radiológica

7.1 Requisitos técnico-administrativos para los servicios de dosimetría personal.

CSN, 1985 (Rev.1, 2006), (54 págs.) Referencia: GSG-07.01.

7.2 Cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes para responsabilizarse del correspondiente servicio o unidad técnica.

Anulada⁽²⁾.

7.3 Bases para el establecimiento de los servicios o unidades técnicas de protección radiológica.

CSN, 1987 (Rev. 1, 1998), (36 págs.) Referencia: GSG-07.03

7.4 Bases para la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes.

Anulada⁽³⁾.

7.5 Actuaciones a seguir en caso de personas que hayan sufrido un accidente radiológico.

CSN, 1989 (Rev. 1, 2005), (50 págs.) Referencia: GSG-07.05.

7.6 Contenido de los manuales de protección radiológica de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear.

CSN, 1992 (16 págs.) Referencia: GSG-07.06.

7.7 Control radiológico del agua de bebida.

CSN, 1990 (Rev. 1, 1994), (16 págs.) Referencia: GSG-07.07.

7.9 Manual de cálculo de dosis en el exterior de las instalaciones nucleares.

CSN, 2006 (36 págs.) Referencia: GSG-07.09.

7.10 Plan de Emergencia Interior en instalaciones radiactivas.

CSN, 2009 (24 págs.) Referencia: GSG-07.10.

⁽²⁾ Esta guía ha sido anulada sustituyéndose por la instrucción del CSN IS-03 (BOE 12-12-2002).

⁽³⁾ Anulada por haber aprobado el Ministerio de Sanidad y Consumo un protocolo para la vigilancia médica de los trabajadores procesionalmente expuestos.

8. Protección física

8.1 Protección física de los materiales nucleares en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas. CSN, 2000 (32 págs.). Referencia GSG-08.01.

9. Gestión de residuos

9.1 Control del proceso de solidificación de residuos radiactivos de media y baja actividad. CSN, 1991 (16 págs.) Referencia: GSG-09.01.

9.2 Gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en instalaciones radiactivas. CSN, 2001 (28 págs.) Referencia GSG-09.02.

9.3 Contenido y criterios para la elaboración de los planes de gestión de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares. CSN, 2008 (44 págs.) Referencia GSG-09.03.

10. Varios

10.1 Guía básica de garantía de calidad para instalaciones nucleares. CSN, 1985 (Rev. 2, 1999), (16 págs.) Referencia: GSG-10.01.

10.2 Sistema de documentación sometida a programas de garantía de calidad en instalaciones nucleares. CSN, 1986 (Rev. 1, 2002), (20 págs.) Referencia: GSG-10.02.

10.3 Auditorías de garantía de calidad. CSN, 1986 (Rev. 1, 2002), (24 págs.) Referencia: GSG-10.03.

10.4 Garantía de calidad para la puesta en servicio de instalaciones nucleares. CSN, 1987 (8 págs.) Referencia: GSG-10.04.

10.5 Garantía de calidad de procesos, pruebas e inspecciones de instalaciones nucleares. CSN, 1987 (Rev. 1, 1999), (24 págs.) Referencia: GSG-10.05.

10.6 Garantía de calidad en el diseño de instalaciones nucleares. CSN, 1987 (Rev. 1, 2002), (16 págs.) Referencia: GSG-10.06.

10.7 Garantía de calidad en instalaciones nucleares en explotación. CSN, 1988 (Rev. 1, 2000), (20 págs.) Referencia: GSG-10.07.

10.8 Garantía de calidad para la gestión de elementos y servicios para instalaciones nucleares. CSN, 1988 (Rev. 1, 2001), (24 págs.) Referencia: GSG-10.08.

10.9 Garantía de calidad de las aplicaciones informáticas relacionadas con la seguridad de las instalaciones nucleares. CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-10.09.

10.10 Cualificación y certificación de personal que realiza ensayos no destructivos. CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG: 10.10.

10.11 Garantía de calidad en instalaciones radiactivas de primera categoría. CSN, 2001 (16 págs.) Referencia: GSG-10.11.

10.12 Control radiológico de actividades de recuperación y reciclado de chatarras. CSN, 2003 (36 págs.) Referencia: GSG-10.12.

10.13 Garantía de calidad para el desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares. CSN, 2004 (26 págs.) Referencia: GSG-10.13.

11. Radiación Natural

11.1 Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire.
CSN, 2010 (32 págs.) Referencia: GSG-11.01.

Las guías de seguridad contienen los métodos recomendados por el CSN, desde el punto de vista de la seguridad nuclear y protección radiológica, y su finalidad es orientar y facilitar a los usuarios la aplicación de la reglamentación nuclear española. Estas guías no son de obligado cumplimiento, pudiendo el usuario seguir métodos y soluciones diferentes a los contenidos en las mismas, siempre que estén debidamente justificados.

Los comentarios y sugerencias que puedan mejorar el contenido de estas guías se considerarán en las revisiones sucesivas.

La correspondencia debe dirigirse a la Oficina de Normas Técnicas y los pedidos al Servicio de Publicaciones. Consejo de Seguridad Nuclear, C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11, 28040-Madrid.

Guía de Seguridad 11.01

Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire

Colección Guías de
Seguridad del CSN

GS.11.01-2010