

Exposición laboral al radón

Guía para la prevención



FINANCIADO POR:

COD. ACCIÓN: EI 2017/0002



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.



istas

El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de la entidad ejecutante y no refleja necesariamente la opinión de la Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de las Administraciones Públicas

Prevención de riesgos laborales

Referencias

¿Por qué esta guía?

La vinculación entre la exposición a altas concentraciones de radón y la incidencia de cáncer de pulmón se conoce desde hace mucho tiempo. De hecho, la relación entre exposición a radón y cáncer de pulmón se observó por primera vez en mineros del uranio, cuyas exposiciones podían llegar a ser altísimas. Posteriormente se comprobó que el riesgo también está asociado a concentraciones de radón inferiores a las halladas en la minería. Aunque evidentemente se trate de algo antiguo, hace relativamente poco que se está incidiendo en un problema que puede afectar a viviendas y locales de trabajo.

La exposición a altas concentraciones de gas radón en espacios interiores constituye un riesgo importante para la salud respecto al cual se sigue acumulando evidencia científica muy preocupante. Por ello, numerosos organismos internacionales coinciden en que la exposición prolongada a niveles elevados de radón acarrea un grave riesgo para la salud y reconocen la asociación causal entre exposición a radón y cáncer de pulmón. Es por ello que han recomendado a los Estados que adopten normativa respecto a este contaminante.

En España, la normativa vigente obliga a eliminar o controlar las exposiciones a cancerígenos en los lugares de trabajo. Sin embargo, el radón sigue estando desatendido en la prevención de muchas empresas. Hay que tener en cuenta que, además de las exposiciones laborales, pueden existir exposiciones a niveles altos de radón en los domicilios y en las zonas de servicios.

Siendo un riesgo laboral, las delegadas y los delegados de prevención tienen un papel importante en el impulso a la acción preventiva contra este agente cancerígeno. En esta guía se presenta, en primer lugar, una introducción con información sobre el radón, su origen y sus efectos en la salud. Seguidamente se presenta el marco normativo español para la actividad preventiva. Por último se aportan indicaciones sobre la valoración de su presencia, medidas de mitigación y protección de la salud, y para la actuación de las delegadas y los delegados de prevención.

Autor: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS-CCOO)
Diseño y producción: QAR Comunicación, SA

Esta guía se realiza al amparo de la convocatoria de acciones intersectoriales 2017 de la FEPR L FSP en el marco del proyecto "Herramientas para la prevención. Portal de recursos para la información, sensibilización y promoción de la normativa para pymes" (EI2017-0002).



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Índice

Introducción	4
¿Qué es el radón?	4
El radón en los edificios.....	5
Radón y salud	7
Umbrales establecidos por organismos internacionales.....	8
El radón en España	9
La exposición laboral al radón en España.....	10
Unidades de medición respecto al radón	11
Normativa española.....	12
La Directiva 2013/59/EURATOM	15
Actuaciones de las Administraciones Públicas.....	16
Prevención de riesgos laborales	18
Reducción de las concentraciones en los lugares de trabajo.....	19
Medidas organizativas ante la presencia de radón	20
Colectivos especialmente sensibles.....	20
Vigilancia dosimétrica	20
Vigilancia de la salud.....	20
Actuación de los delegados y de las delegadas.....	21
Referencias	23



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Introducción

¿Qué es el radón?

El radón es un gas radiactivo¹ que es incoloro, inodoro e insípido. Está presente de forma natural en las rocas del subsuelo, en materiales de construcción y también puede estar presente en el agua. Va emanando de las rocas del subsuelo de forma natural, donde en su desintegración en el aire emite partículas radiactivas.

Al aire libre, la presencia de radón no representa un problema porque la concentración no suele alcanzar niveles altos. Se convierte en un problema para la salud cuando se acumula en espacios interiores, lo cual puede suceder en cuevas y minas, pero también en edificaciones cerradas.

El radón aparece a partir de la desintegración radiactiva natural del uranio, en un proceso que tiene lugar en las rocas de la corteza terrestre. El uranio es un elemento radiactivo presente en pequeñas cantidades en muchos tipos de rocas, suelos y materiales. La principal fuente natural del uranio es el granito. El granito está formado principalmente por cuarzo, feldespato y mica, y uranio-238 en pequeñas cantidades. Con el paso del tiempo, el uranio se transforma en radio y este, a su vez, se transforma y da lugar al radón. En cada una de esas transformaciones se liberan partículas radiactivas que, por definición (radiación ionizante), son capaces de ionizar con su paso el medio circundante.

El radón también se descompone y en este proceso emite partículas alfa de alta energía, que constituyen una amenaza para la salud. Al descomponerse, el radón se transforma en otros elementos, también radiactivos, llamados progenie o descendientes de vida corta del radón.

El isótopo más estable del radón (Rn-222) tiene una vida media de solo 3,8 días, mientras otros isótopos y los elementos que forman la progenie tienen una vida media mucho más corta. Pero a diferencia del radón, que es gaseoso, la progenie es materia sólida y se adhiere a superficies, incluidas las partículas de polvo presentes en el aire. La inhalación de polvo contaminado con esas partículas es lo que permite que se introduzcan en el cuerpo, que se depositen en los pulmones y durante su desintegración puedan liberar una dosis radiactiva capaz de causar cáncer de pulmón.

¹ Toda la materia está formada por átomos; la materia “radiactiva” es aquella que es inestable y que al desintegrarse emite partículas y/o radiación electromagnética.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

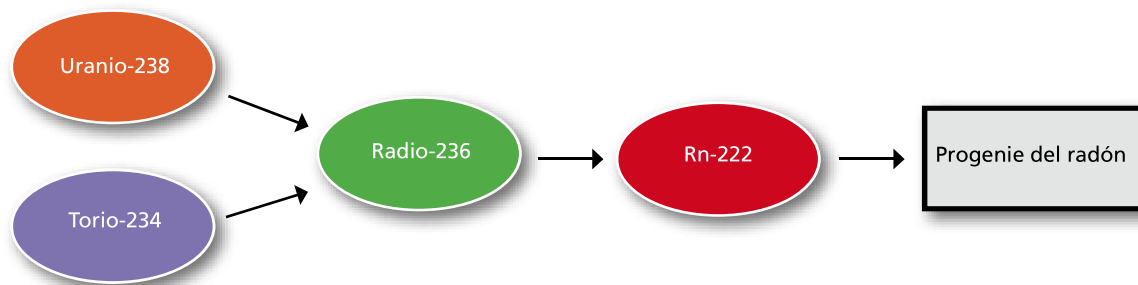
Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Procedencia gas radón



Fuente: Elaboración propia.

El radón en los edificios

El radón puede estar presente en espacios situados en el interior de edificaciones, sean estas residenciales, laborales o comunitarias. Se convierte en un problema si tiende a acumularse y dar lugar a concentraciones elevadas y peligrosas. Esto depende de los siguientes factores:

- **El área geográfica donde se ubique el edificio.** La presencia de radón depende de la composición geológica de cada terreno, con lo que difiere de una zona a otra. Se libera más radón en zonas graníticas que en las arcillosas o calcáreas, debido a que las primeras contienen mayor cantidad de uranio y torio en comparación con otros tipos de piedras como las areniscas, carbonatadas o basálticas. Los suelos porosos facilitan la liberación del radón al aire, mientras que los suelos compactos o arcillosos que tienen menor porosidad y permeabilidad retienen más el radón. Los suelos graníticos muy fracturados también liberan más radón que los graníticos compactos.
- **Ciertos tipos de edificación favorecen su acumulación².** Por una parte, el radón puede provenir de los propios materiales de construcción, como el granito. En la mayoría de los casos, sin embargo, la mayor parte del radón acumulado en los edificios proviene del propio terreno. Puede penetrar y acumularse en el edificio solo si la construcción es permeable; es decir, el radón solo puede entrar en los edificios si encuentra una vía para introducirse. Las principales vías por las que el radón accede a los edificios son huecos entre el suelo y la pared, grietas en el suelo y huecos alrededor de tuberías y cables (véase la figura siguiente). También puede entrar al edificio en el agua de los grifos proveniente de pozos, aunque en general suele ser una fuente menor.

² Este factor representa una de las claves de la mitigación del problema, pues la protección de la salud de las personas se puede lograr con la adopción de medidas bastante sencillas.



¿Por qué esta guía?

Posibles caminos del radón hacia el interior de los edificios

Índice

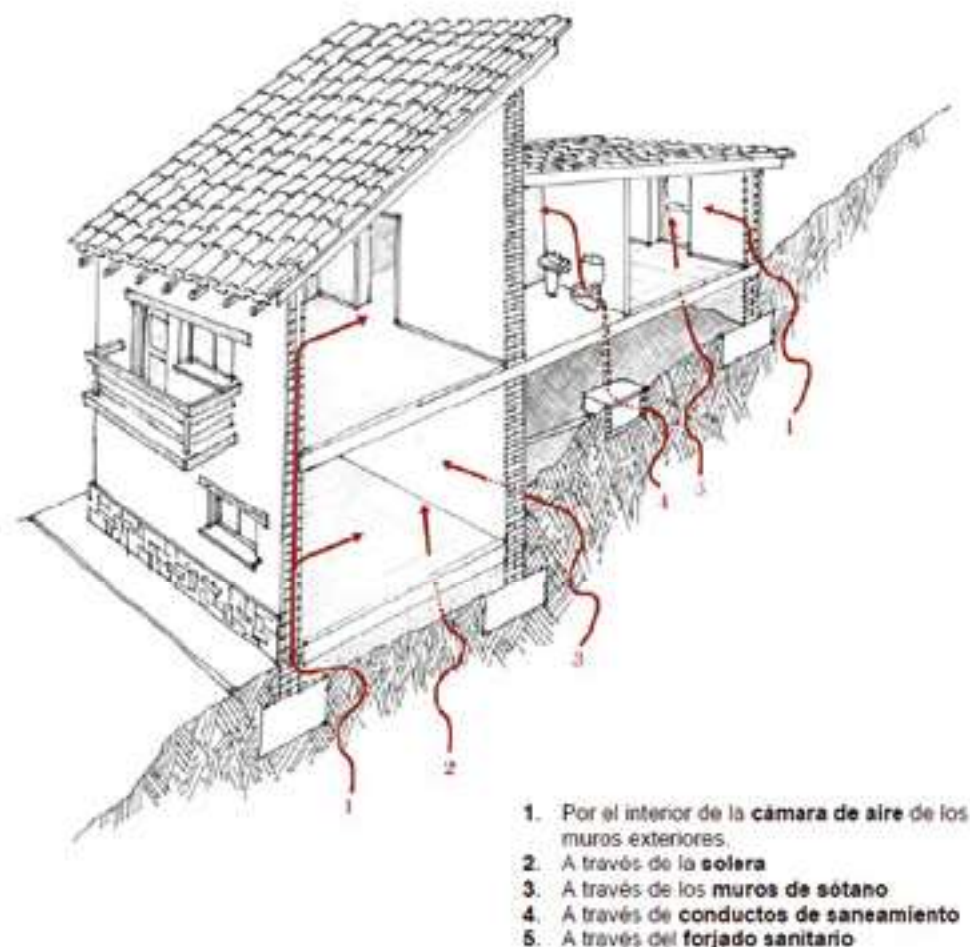
Introducción

Normativa española

Actuaciones de las Administraciones Públicas

Prevención de riesgos laborales

Referencias



Fuente: Borja Frutos Vázquez. *Tesis doctoral Estudio experimental sobre la efectividad y la viabilidad de distintas soluciones constructivas para reducir la concentración de gas radón en edificaciones*. 2009. Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas. ETS Arquitectura. UPM.

- **El nivel en el que se sitúan las estancias de cada construcción.** La variación de la concentración de radón dentro de un mismo edificio puede ser muy grande. Las zonas situadas a nivel del suelo o en el subsuelo (sótanos, bodegas, etc.) suelen tener una concentración mucho mayor. Esto se debe a que están más cerca del subsuelo y además a que el radón es algo más denso que el aire. En general, los edificios con sótano suelen tener algo más de radón que los que no lo tienen.
- **La frecuencia de la ventilación y la temperatura interior.** En la mayoría de los edificios, la presión atmosférica a nivel del suelo es ligeramente inferior a la de la presión del aire exterior, debido a que el aire interior suele ser más cálido. Esto provoca que el aire de la tierra se introduzca en los edificios, llevando consigo el radón. Así, los niveles de radón en interiores varían con las estaciones del año: los niveles de radón en invierno suelen ser superiores a los de verano, de acuerdo a las variaciones de la temperatura media exterior y a la ventilación (menor en invierno que en verano).



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Radón y salud

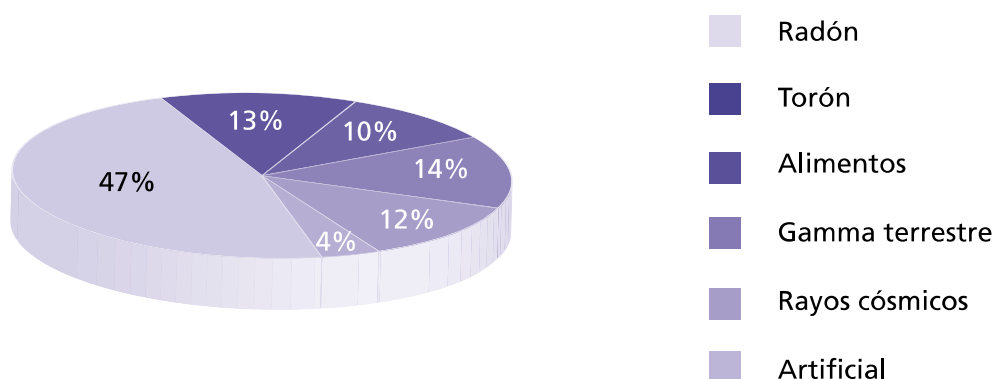
Al respirar e inhalar las partículas radiactivas emitidas por el radón, estas se depositan en las células que recubren las vías respiratorias, donde pueden dañar el ADN y provocar cáncer de pulmón. Hasta la fecha no se ha determinado que el radón cause otro tipo de cáncer.

El radón es la segunda causa más importante de cáncer de pulmón después del tabaco, por lo que representa el principal agente laboral conocido en relación con el cáncer de pulmón una vez prohibido el humo del tabaco en los espacios laborales de nuestro entorno. La probabilidad de que el radón provoque cáncer de pulmón es mayor en personas que fuman. De hecho, se estima que el riesgo asociado al radón que corre una persona fumadora es 25 veces superior que en el caso de las no fumadoras ³.

Hay una relación dosis-respuesta lineal: esto significa, por ejemplo, que el riesgo de cáncer de pulmón aumenta de manera proporcional al aumento de la exposición al radón; en concreto, se ha establecido que el riesgo de cáncer de pulmón aumenta en un 16% con cada incremento de 100 Bq/m³ en la concentración media de radón a largo plazo.

El radón puede contribuir de forma destacada a la dosis de radiación natural que recibe una persona, cantidad a la que hay que sumar la radiación de origen artificial, como las pruebas médicas o la contaminación radiactiva.

Exposición promedio de una persona a fuentes naturales y artificiales



Fuente: [Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de EEUU](#).

³ Se estima que la proporción de los casos de cáncer de pulmón atribuibles al radón de un país con respecto al total está entre un 3% y un 14%, en función de la concentración media nacional de radón y de la prevalencia de consumo de tabaco del país. Ver [Organización Mundial de la Salud. Manual de la OMS radón en interiores. Una perspectiva de salud pública](#). Ginebra: 2009.

En este sentido, debe enfatizarse la importancia de no fumar para evitar el cáncer de pulmón. La magnitud del riesgo asociada al tabaco es mucho mayor que la asociada a la exposición a radón. Se ha demostrado en varios estudios además que existe interacción entre el tabaco y el radón a la hora de desarrollar un cáncer de pulmón. Es decir, el riesgo conjunto es superior a la suma de los riesgos individuales.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

La investigación indica que hay muchos factores que determinan si la exposición al radón afectará a la salud de una persona. Estos factores incluyen la dosis (la cantidad), la duración (por cuánto tiempo) y la manera como entró en contacto con esta sustancia. También incide si la persona está expuesta a otros agentes: respirar otras sustancias que producen cáncer de pulmón también puede aumentar la probabilidad de desarrollar cáncer por exposición a la progenie del radón. Pueden influir también las características personales y otras condiciones de salud ⁴.

Umbrales establecidos por organismos internacionales

La concentración media de radón al aire libre varía de 5 Bq/m³ a 15 Bq/m³. En cambio, en espacios cerrados, las concentraciones de radón son más elevadas, en especial en lugares como minas, cuevas y plantas de tratamiento de aguas, donde se registran los niveles más altos. Las mediciones realizadas en edificios (viviendas, escuelas y oficinas) arrojan concentraciones de radón que pueden variar desde valores inferiores a los 10 Bq/m³ hasta valores tan elevados como 10.000 Bq/m³.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer clasificó ya en el año 1988 al radón como cancerígeno del Grupo 1, que significa "cancerígeno para los seres humanos" ⁵.

El grave riesgo para la salud que supone la exposición al radón ha determinado que diversos organismos internacionales, así como un buen número de países, hayan emitido recomendaciones o normativas de carácter obligatorio con el fin de controlar las exposiciones al radón tanto en viviendas como en lugares de trabajo.

No se conoce un valor umbral por debajo del cual la exposición al radón no suponga ningún riesgo. Cuanto menor sea la concentración de radón en una vivienda, menor será el riesgo de cáncer de pulmón. La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea la conveniencia, para minimizar los riesgos para la salud derivados de la exposición al radón en interiores, de establecer niveles nacionales de concentración media que idealmente no deberían superar los 100 Bq/m³ de acuerdo con el conocimiento actual, e indican que por cada aumento de 100 Bq/m³ en la concentración medida de radón (IC 95%) hay un incremento del 16% del riesgo de cáncer de pulmón.

⁴ Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los EEUU (2016), ATSDR en español. [Resúmenes de Salud Pública - Radón \(Radon\)](#).

⁵ [ARC. List of Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–116](#). Las clasificaciones de la IARC evalúan la solidez de la evidencia científica en relación a la asociación de un agente con el cáncer en los seres humanos. Asimismo, definen si la evidencia es suficiente para llegar a una conclusión. Solo toma en consideración la fuerza de la evidencia científica para establecer una posible o probable asociación con el cáncer. La IARC no define el "riesgo" o probabilidad de daño a los seres humanos.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Niveles ambientales máximos recomendados por distintos organismos

Fuente	Nivel
Real Decreto 783/2001	1.000 Bq/m ³
Instrucción IS33 del Consejo de Seguridad Nuclear 300 ⁶	Bq/m ³ – 600 Bq/m ³
Directiva 2013/59/EURATOM	300 Bq/m ³
Health Canada (desde 2007)	200 Bq/m ³
Organización Mundial de la Salud (desde 2009)	100 Bq/m ³ – 300 Bq/m ³

Hay que destacar que en los últimos años, los niveles máximos recomendados han ido progresivamente descendiendo en muchos países (Ruano-Raviña y otros, 2017)⁷.

El radón en España

Las concentraciones más elevadas en España se han encontrado en Galicia, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura y la Comunidad de Madrid. Esto se debe a que, desde el punto de vista geológico, el principal factor que gobierna la concentración del radón en el terreno es la distribución geoquímica del uranio en los distintos tipos de rocas. Las rocas ricas en uranio presentan mayores concentraciones del gas, aunque también pueden encontrarse valores elevados en materiales que, a pesar de no cumplir esa característica, presenten una intensa fracturación, lo cual favorece la migración del radón desde formaciones geológicas adyacentes o más profundas ricas en uranio⁸.

Mapa de zonificación por municipio de radón



⁶ La Instrucción IS33 del CSN, de 2011, establece que por debajo de 600 Bq/m³ no es necesario un control, de 600 a 1.000 se requiere un control y a más de 1000 Bq se requiere un control alto.

⁷ Alberto Ruano-Ravina, Karl T. Kelsey, Alberto Fernández-Villar, Juan M. Barros-Dios (2017). *European Respiratory Journal* 50: 1701609; DOI: 10.1183/13993003.01609-2017.

⁸ La imagen está tomada de la [web del Consejo de Seguridad Nuclear](#).



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

La imagen presenta el mapa de zonificación por municipio de radón del Consejo de Seguridad Nuclear. Explica que: *“A partir del mapa del potencial de radón⁹ se obtiene, directamente, el mapa de zonas de actuación prioritaria (aquellas con potencial de radón superior a 300 Bq/m³). A efectos administrativos, es útil definir las zonas de actuación prioritaria a nivel municipal. En este mapa se representan, en color destacado, los municipios en los que hay población que reside en zonas de actuación prioritaria. **Se muestran en granate aquellos en los que esta población representa más del 75% de la total del municipio”**.*

La exposición laboral al radón en España

El Anexo a la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, publicada en el BOE el 26 de enero de 2012 (que reproducimos más adelante, en el apartado de Normativa), enumera situaciones y actividades que obligan al empleador, a la empleadora, a realizar estudios de las concentraciones de radón.

Los estudios realizados en España sobre radón en el ámbito ocupacional son escasos

- Hay estudios en cuevas explotadas turísticamente, donde en muchos casos se han observado concentraciones que superan los niveles recomendados, indicándose la necesidad de proteger o reducir la exposición de quienes trabajan como guías turísticos.
- Un estudio realizado en una planta de procesamiento de granito no encontró exposición relevante a gas radón.
- El estudio realizado por Sánchez y colaboradores en Extremadura recogió más de 200 mediciones en lugares de trabajo y halló que hay un porcentaje elevado de puestos de trabajo con concentraciones de radón elevadas, si bien el punto de corte utilizado no fue el de los 300 Bq/m³, sino 400 Bq/m³. Los sectores con concentraciones más elevadas fueron hoteles, seguidos de cuevas, túneles y minas.
- Otro estudio realizado en Extremadura encontró, tras medir 130 empresas o instituciones, que más de un tercio de las mismas tenían niveles que requerían desarrollar medidas preventivas, así como monitorizar detalladamente sus instalaciones.
- Otros estudios también consideran además el riesgo de exposición para el público (museos, hospitales, escuelas, cuevas turísticas, etc.).
- El estudio realizado por la Universidad de Santiago de Compostela (Laboratorio de Radón de Galicia-Facultad de Medicina) e ISTAS-CCOO, con el apoyo de una beca de la Fundación Prevent, es hasta la fecha el más relevante por tamaño muestral y zona estudiada. Se instalaron medidores de radón en 250 empresas de Galicia, Madrid, Castilla-La Mancha y Castilla y León, en zonas de alta y media presencia de radón según el mapa predictivo del Consejo de Seguridad Nuclear. Los resultados han puesto de manifiesto que la exposición a concentraciones importantes de radón en el ámbito laboral es un problema muy relevante para quienes trabajan en zonas de riesgo alto, pero también para quienes lo hacen en zonas de riesgo medio de esas comunidades autónomas¹⁰.

⁹ [Mapa del potencial de radón en España. CSN.](#)

¹⁰ Narocki C, Ruano-Raviña A, López-Jacob MJ y Barros-Dios JM (2017). [Informe final del proyecto: Exposición laboral a radón interior en España. Estudio piloto.](#) Proyecto realizado por la Universidad de Compostela, el Instituto de Radón de Galicia e ISTAS-CCOO, con el apoyo de una beca de la Fundación Prevent.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Unidades de medición respecto al radón

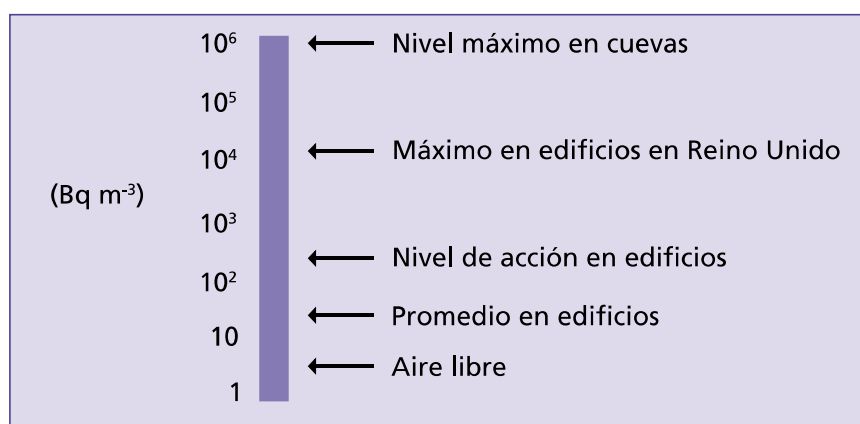
La vigilancia del ambiente de trabajo respecto al radón ambiental mide la radiactividad en becquerelios (Bq)¹¹.

En la industria minera la exposición se suele medir en unidades diferentes, WL, y la exposición acumulada mensual se expresa como WLM.

Las exposiciones de los trabajadores y de las trabajadoras se miden en mSv (léase mili-Sievert), y se hacen de acuerdo al Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el [Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes](#). BOE nº 178, 26-07-2001.

¿Cuánto radón podemos encontrar?

Órdenes de magnitud para la concentración de radón



Fuente: UC, CSN.

¹¹ La concentración de radón en el aire se mide por el número de transformaciones por segundo en un metro cúbico de aire (Bq/m³). Un becquerelio corresponde a la transformación (desintegración) de un núcleo atómico por segundo.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Normativa española

En España, el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, que aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), trasladó la directiva europea de 1996.

Tras su modificación en el año 2010, el citado RPSRI dispone (Título VII) que los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación (exceptuando la explotación de minerales radiactivos, que han de seguir otra normativa) deben **declararlas**. En este sentido, establece que **los empleadores o las empleadoras deben realizar los estudios necesarios** a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de las personas que allí trabajen o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica, sin necesidad de que estos estudios les vengan a ser exigidos por las autoridades competentes. El RPSRI también especifica que la autoridad competente para hacer cumplir esta normativa son los órganos de Industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades.

En 2012 se publicó en el BOE la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, que vino a desarrollar el citado reglamento. Esta instrucción incluye un anexo (que reproducimos en el siguiente cuadro) que indica, sin carácter exhaustivo, las actividades laborales que están dentro del ámbito de aplicación del artículo 62 del Título 7 del RPSRI.

Anexo a la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, publicada en el BOE el 26 de enero de 2012

“Actividades laborales cuyos titulares deben realizar los estudios requeridos por el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. Las actividades laborales cuyos titulares deberían realizar los estudios requeridos por el RPSRI son las que se llevan a cabo en los lugares de trabajo siguientes:

1. Lugares de trabajo subterráneos como:
 - Cuevas y galerías.
 - Minas distintas de las del uranio.
2. Establecimientos termales.
3. Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.
4. Lugares de trabajo, subterráneos o no subterráneos, en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.
5. Extracción de tierras raras.
6. Producción y utilización del torio y sus compuestos.
7. Producción de niobio y ferro-niobio.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Anexo a la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, publicada en el BOE el 26 de enero de 2012 (continuación)

8. Producción de gas y petróleo.
9. Producción de cemento, mantenimiento de hornos de clínker.
10. Fabricación de pigmentos de dióxido de titanio.
11. Industria del fosfato (producción de ácido fosfórico y de fertilizantes fosfatados).
12. Industria del zirconio.
13. Producción de estaño, cobre, aluminio, hierro, acero, cinc y plomo.
14. Centrales térmicas de carbón.

Los lugares de trabajo listados con la numeración del 1 al 4 son aquellos en los que es probable que los valores medios anuales de la concentración de radón superen los niveles de referencia. El resto de lugares de trabajo tiene asociadas actividades laborales que implican el almacenamiento, la manipulación de materiales o la generación de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales que podrían provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de los miembros del público.”

[Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.](#)

En la citada Instrucción IS-33 se detalla también el modo en que las personas empleadoras y las autoridades competentes deben cumplir con el RPSRI. Así, se establece que las comunidades autónomas han de desarrollar el modo en el que *los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación* han de remitir la información para realizar su declaración de actividades y, en su caso, *remitir también los estudios correspondientes*¹².

Por su parte, la autoridad en las comunidades autónomas ha de remitir copia de la declaración presentada a la Dirección General de Política Energética y Minas, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y al Consejo de Seguridad Nuclear.

Existen directrices y recomendaciones metodológicas para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo, así como guías para limitar la exposición a la radiación natural, en particular al radón, publicadas por el Consejo de Seguridad Nuclear. Entre estas cabe destacar la GS 11-04, *Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo*.

¹² Nos consta que seis comunidades autónomas han habilitado dicho registro: Comunidad Valenciana, Navarra, Cantabria, Asturias, Euskadi y Castilla y León. De las restantes no hemos conseguido la información.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

El Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, establece que:

1. Los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación, deberán declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales y realizar los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica. Entre las actividades que deben ser declaradas y sometidas a dichos estudios se incluyen las siguientes:
 - a) Actividades laborales en las que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público estén expuestos a la inhalación de descendientes de torón o de radón o a la radiación gamma o a cualquier otra exposición en lugares de trabajo tales como establecimientos termales, cuevas, minas, lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas.
 - b) Actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales o de residuos, incluyendo las de generación de estos últimos, que habitualmente no se consideran radiactivos, pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público.
 - c) Actividades laborales que impliquen exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves.
2. Los órganos competentes de las comunidades autónomas llevarán a cabo la inscripción de las declaraciones en un registro que se crea a tal efecto, denominado Registro de Actividades Laborales con Exposición a la Radiación Natural. La Dirección General de Política Energética y Minas llevará un registro central en el que se inscribirán las declaraciones que se realicen en todo el territorio nacional.
3. La declaración de actividades y los estudios a los que se refiere el apartado 1 se realizarán siguiendo las instrucciones y orientaciones dadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En el caso de actividades laborales con exposición a la inhalación de descendientes del radón, los estudios contendrán la descripción de la instalación, las medidas de concentración de radón realizadas y sus resultados, la descripción de los puestos de trabajo con los tiempos de permanencia en ellos y las acciones correctoras previstas o adoptadas.

En el resto de las actividades laborales, los estudios deben contener lo que sea aplicable de lo siguiente:

 - a) Descripción del emplazamiento, productos y procesos.
 - b) Caracterización radiológica.
 - c) Identificación de zonas de exposición y puestos de trabajo con riesgo radiológico.
 - d) Evaluación de dosis.
 - e) Valoración de resultados y medidas a adoptar.

Los estudios se remitirán a los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales, en los casos en los que se establezca en las instrucciones del Consejo de Seguridad Nuclear.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

La Directiva 2013/59/EURATOM

Una nueva directiva europea, 2013/59/EURATOM, debía haber estado transpuesta y haber entrado en vigor en todos los países europeos, incluido España, antes del 6 de febrero de 2018. El proceso de transposición lleva un retraso de más de un año. En este sentido, el Gobierno abrió un procedimiento de consulta pública previa respecto al proyecto de real decreto destinado a aprobar el Reglamento sobre Protección de la Salud contra los Riesgos Derivados de la Exposición a las Radiaciones Ionizantes. Desde la Confederación Sindical de Comisiones Obreras (con la colaboración del Laboratorio de Radón de Galicia, de la USC) se trasladaron [una serie de comentarios que se deberían tener en cuenta para alcanzar un nivel más adecuado de protección de la salud de la población trabajadora](#).

Dicha directiva viene a sustituir a las anteriores que regulaban las normas de seguridad para la protección frente a las exposiciones a radiaciones ionizantes, incluidas las de origen laboral, y que son las que dieron lugar entre otras normas al Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y a la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a radiación natural.

Las principales novedades que introduce esta directiva son, por una parte, que los Estados miembros tienen un límite de 300 Bq/m³ tanto para viviendas como para lugares de trabajo. Además, los Estados deben establecer un **Plan Nacional de Radón**.

Esos 300 Bq/m³ se corresponden con el límite que la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear tiene actualmente fijado para ciertas actividades en las que hay presencia de público. En contraste, actualmente, para los lugares de trabajo, los niveles de referencia fijado en la Instrucción IS-33 son los siguientes:

< 600 Bq/m ³	No es necesario control.
600-1.000 Bq/m ³	Se debe aplicar un nivel bajo de control.
> 1.000 Bq/m ³	Se debe aplicar un nivel alto de control.

Por ello, la transposición de la directiva supondrá la reducción del nivel de referencia nacional actual respecto a los lugares de trabajo, aunque por otra parte quedan aún lejos de las recomendaciones de la OMS sobre el nivel “ideal” de exposición. Debe destacarse que otros países europeos como Irlanda o Reino Unido tienen ya 200 Bq/m³ como nivel máximo.

En último lugar, la directiva europea indica la obligatoriedad de incluir en los códigos técnicos de edificación de los Estados miembros la obligación de tomar medidas para evitar la entrada de radón en los edificios. Ya hay código técnico (borrador) y debe mencionarse.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

**Actuaciones de
las Administraciones
Públicas**

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Actuaciones de las Administraciones públicas

En el año 2009, la OMS publicó el *Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública*¹³, en el que se ofrecen propuestas normativas destinadas a reducir los riesgos para la salud derivados de la exposición al radón en las viviendas. Dichas recomendaciones son coincidentes con las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación* (2014)¹⁴ del OIEA y con la *Guía de seguridad del OIEA sobre el radón* (2014)¹⁵, ambas copatrocinadas por la OMS. Ambas contienen una serie de recomendaciones dirigidas a las Administraciones públicas. De estas, algunas ya se están aplicando y otras están en vías de aplicación.

Además, la transposición de la Directiva 2013/59/EURATOM recoge estas recomendaciones y las convierte en obligaciones de los países de la UE. Según esto, las autoridades deben actuar del **modo siguiente**:

- Proporcionando información sobre las concentraciones de radón en interiores y los riesgos conexos para la salud. Las autoridades deben elaborar mapas predictivos y actualizarlos, de modo que se puedan identificar las áreas en las que exista una mayor probabilidad de encontrar altas concentraciones de radón en edificaciones, para facilitar el diseño de estrategias de protección a nivel colectivo.
- Implantando programas nacionales contra el radón para reducir el riesgo general de la población y el riesgo individual de las personas que viven en entornos con concentraciones elevadas de radón.
- Estableciendo un nivel de referencia medio anual nacional. La OMS indica que este ha de ser de 100 Bq/m³. Cuando ese nivel nacional no pueda alcanzarse debido a las condiciones específicas de cada país, el nivel que se establezca no debería superar los 300 Bq/m³.
- Incluyendo medidas destinadas a prevenir los efectos del radón en los códigos técnicos de edificación, a fin de reducir la concentración de radón en las viviendas de nueva edificación, y en los programas contra el radón para garantizar que los niveles sean inferiores a los niveles nacionales de referencia; esto permitiría que se apliquen métodos probados, duraderos y eficaces para prevenir la filtración de radón en construcciones nuevas, sobre todo en las zonas geológicas con alta concentración de este gas, y para reducir su concentración en los edificios ya existentes. En este sentido, también ha de apoyar la introducción y desarrollo de nuevas tecnologías en la construcción de nuevas edificaciones para hacerlas “impermeables” al radón, en aquellas zonas de alto riesgo.

¹³ [Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública.](#)

¹⁴ [Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación.](#)

¹⁵ [Guía de seguridad del OIEA sobre el radón.](#)



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

**Actuaciones de
las Administraciones
Públicas**

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

- Estableciendo protocolos de medición del radón para velar por la calidad y la reproductibilidad de las mediciones.

Entre las medidas específicas para proteger la salud de la población trabajadora expuesta a gas radón estarían las siguientes:

- Campañas de información y divulgación sobre el radón en el trabajo, los daños a la salud, las obligaciones y las medidas preventivas y correctivas que se han de implantar en las empresas en las que se encuentren altas concentraciones de gas radón.
- Estudios epidemiológicos de la salud de la población trabajadora y estudios de la exposición laboral a radón.

Situación normativa actual en España

Aunque está pendiente la transposición de la Directiva 59/2013/EURATOM, que supondrá entre otras cosas la actualización de los valores de referencia para ponerlos en coherencia con lo que se sabe sobre los efectos del radón en la salud, la normativa vigente ya obliga a verificar si el radón es un posible riesgo laboral y realizar mediciones tanto en zonas con riesgo de exposición al radón como en aquellos lugares de trabajo que reúnan las características mencionadas en la Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, publicada en el BOE el 26 de enero de 2012 (*ver más arriba*).

Conforme a esta normativa, aquellos empleadores o empleadoras obligados por el RPSRI que no hayan registrado las actividades afectadas y no hayan realizado la medición de radón en los puestos de trabajo, están incumpliendo la legalidad vigente. Si los resultados indicaran concentraciones de riesgo, incumplen también los empleadores que no tomen medidas preventivas y protectoras.

De la misma manera incumplen aquellas comunidades autónomas que no tienen establecido algún mecanismo para el registro de este tipo de actividades.

Y también incumplirían la legalidad la Dirección General de Política Energética y Minas, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y el Consejo de Seguridad Nuclear, si no exige la observancia, y las autoridades de la UE, en la medida en que deben supervisar el cumplimiento de las directivas europeas.

El Ministerio de Fomento está en vías de cumplir con lo previsto en la Directiva 2013/59/EURATOM, pues ya está disponible el borrador del nuevo código técnico de la edificación, en el que se incluirá la exigencia básica de protección contra el radón en recintos cerrados de los edificios .

¹⁶ Mediante la modificación de la Parte I del CTE y la inclusión en el requisito básico de habitabilidad de una nueva exigencia reglamentaria de protección contra el radón, sección HS 6 en el documento básico DB HS de Salubridad. [Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.](#)



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

**Prevención de riesgos
laborales**

Referencias

Prevención de riesgos laborales

Las exposiciones de trabajadores y trabajadoras y del público deben evitarse o mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible. Es decir, siempre tienen que estar por debajo de los valores límites indicados en la normativa, aunque es deseable no superar los niveles recomendados por la OMS.

La primera acción preventiva es medir la concentración de radón en los espacios del centro de trabajo que puedan estar afectados. Este paso permitirá saber si hay o no un problema con las concentraciones de radón. La medición es obligatoria en las empresas que están contempladas explícitamente en los supuestos contemplados en la normativa, aunque por criterios de salud, y dada la sencillez y el bajo coste de este procedimiento, conviene medir en las plantas bajas y en edificios antiguos, de granito, ubicados en cualquier zona.

La medición se realiza normalmente mediante captadores pasivos de radón (del tipo de trazas o Alpha-track), que se han de colocar en puntos bien elegidos de los lugares de trabajo. Los captadores deben permanecer en el sitio elegido durante un periodo (no menor de tres meses). Tras ese tiempo, se manda cada captador, siguiendo las instrucciones, al laboratorio especializado que “leerá” el resultado, acompañado de una ficha informativa sobre las características del espacio en el que estuvo colocado.

Detectores pasivos de radón tipo Alpha-track



Imagen captador pasivo de radón del tipo de trazas



Fuente: Laboratorio de Radón de Galicia.

Si el resultado de las mediciones indicara que sí hay concentraciones de radón importantes, se deberán tomar medidas preventivas, teniendo en cuenta factores de organización del trabajo, factores técnicos, incluyendo eventualmente la vigilancia dosimétrica individual y la vigilancia de la salud cuando no se haya podido reducir la concentración de radón por debajo de los 300 Bq/m³.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

**Prevención de riesgos
laborales**

Referencias

Reducción de las concentraciones en los lugares de trabajo

Entre las actuaciones técnicas para reducir las concentraciones destacan **dos tipos**:

- Actuaciones sobre las características estructurales de la construcción. En los edificios existentes, las concentraciones de radón pueden reducirse con medidas como las siguientes:
 - Mejora de la ventilación del suelo y el forjado del edificio, para que el radón sea expulsado hacia el exterior. Se pueden instalar sistemas de sobrepresión o despresurización del suelo, activa o pasiva. Esta última consiste en poner en contacto la capa permeable del suelo con el exterior, conectándola con el exterior mediante una tubería de modo que el radón sea expulsado al exterior por convección natural; estos sistemas pasivos suelen reducir la concentración en un 50%. Por eso, si la convección natural no fuera suficientemente efectiva, se utilizarán sistemas con ventiladores para hacerla descender aún más.
 - Instalación de un sistema de extracción mecánica del radón en el sótano, el forjado o la solera, para evitar que el radón se filtre desde el sótano hasta pisos superiores.
 - Sellado de grietas, aberturas y fisuras en techos y paredes. Este procedimiento presenta un potencial limitado de reducción de las concentraciones de radón, especialmente con el paso del tiempo, pues no aborda la principal causa que hace que el radón pase del suelo al interior, esto es, el flujo de aire impulsado por la presión.
- Puesta en marcha de sistemas de ventilación y extracción en las estancias ocupadas por personal. Teniendo en cuenta que en las edificaciones los niveles de radón suelen ser más altos en invierno por falta de ventilación, en muchos lugares de trabajo puede no ser viable implantar medidas de simple ventilación, y además muchas veces no llegan a resolver el problema. Además, las soluciones que solo se basan en la ventilación suelen afectar al consumo energético.

Una vez implantada cualquier medida técnica es necesario volver a medir con el fin de evaluar su efectividad. Aunque las medidas en el origen son las medidas preferibles, en algunos lugares de trabajo subterráneos puede resultar muy difícil llegar a reducir suficientemente las concentraciones, o incluso inviable, como ocurre en las cuevas turísticas, en los subterráneos, etc.¹⁷. En estos casos deberían emplearse criterios de tiempo de permanencia en función de la concentración observada.

¹⁷ La Instrucción IS-33 establece que el titular de la actividad deberá realizar una reevaluación de la exposición cada cinco años para asegurar que se mantiene por debajo de los límites de concentración establecidos. Asimismo se deberá reevaluar cuando se introduzcan cambios en la actividad que puedan alterar significativamente la exposición, y siempre que se obtengan evidencias de que esta se ha modificado por cualquier otra circunstancia. La reevaluación de la exposición se realizará con la misma metodología que la evaluación inicial o con aquella que establezca el CSN.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

**Prevención de riesgos
laborales**

Referencias

Medidas organizativas ante la presencia de radón

Como medidas organizativas se pueden aplicar **las siguientes**:

- Limitar el acceso a las zonas con concentraciones de radón elevadas.
- Evitar la permanencia de personal en zonas con alta concentración, trasladando sus puestos a otros recintos.
- Reducir los tiempos de permanencia en lugares afectados, por ejemplo, con medidas de rotación del personal.

Colectivos especialmente sensibles

Al implantar soluciones, las empresas deben tomar en cuenta que están obligadas a adoptar las medidas necesarias para que el personal especialmente sensible, como las trabajadoras embarazadas y en periodo de lactancia, menores, personas con enfermedades pulmonares, etc., no ocupen puestos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes.

Vigilancia dosimétrica

En los casos en los que no sea posible o viable reducir las concentraciones de radón, será necesario controlar la exposición de la plantilla mediante el uso de dosímetros personales. Se trata de medir la dosis recibida o exposición a través de un detector personal que se lleva consigo mientras se permanece en el área afectada durante un determinado periodo. Este medidor, al final de **la jornada y/o cuando no estén en uso**, deberá dejarse en un lugar con un nivel de radón lo más bajo posible.

En esos casos se deberán adoptar las medidas organizativas necesarias para limitar las dosis recibidas en función de los datos de exposición personales¹⁸.

Vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud específica se dirige a detectar precozmente daños a la salud derivados de la exposición a un riesgo, en este caso al radón. Se basa en los principios generales de la medicina del trabajo y en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales, y en los reglamentos que la desarrollan.

¹⁸ En el Reino Unido, el PHE CRCE establece criterios para la monitorización en la publicación [Radon Monitoring in the Workplace](#).



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

**Prevención de riesgos
laborales**

Referencias

Como referencia para esta actividad sanitaria existe un Protocolo de *vigilancia sanitaria de radiaciones ionizantes* publicado por el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social¹⁹.

Actuación de los delegados y de las delegadas

Al igual que ante otros riesgos, la presencia de radón en el lugar de trabajo requiere adoptar medidas preventivas y para la protección de la salud. Para saber si es necesario adoptar medidas se requiere una medición de la concentración de radón. Por eso, si la empresa se niega a medir, la representación de las trabajadoras y de los trabajadores puede solicitarlo redactando un escrito con ayuda de los servicios de asesoramiento en salud laboral del sindicato, indicando los indicios que hacen sospechar que pueda haber concentraciones preocupantes.

Si los valores hallados fueran efectivamente preocupantes, las intervenciones se deben orientar en primer lugar a reducir la concentración del radón interior.

Cuando esto no resulta posible, o no resulte inmediatamente posible, se deben adoptar medidas para reducir la exposición. En estos casos, se han de tomar medidas como el traslado del puesto de trabajo de las personas expuestas a otras partes del edificio y otras medidas organizativas, hasta tanto se puedan aplicar medidas en el origen.

En todo caso, se debe cumplir con el objetivo de proteger la salud de las personas en su trabajo. No es aceptable que las personas resulten expuestas en su trabajo a un cancerígeno reconocido.

El cáncer de bronquios y pulmón por exposición a radón está incluido en el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, con el código 6M010²⁰. En aquellas empresas en las que exista algún caso de personas que hayan estado expuestas a altas concentraciones de radón en sus puestos de trabajo y se les haya diagnosticado esta patología, los delegados y las delegadas de prevención, en colaboración con el sindicato, pueden asesorarles para que inicien los trámites para el cambio de contingencia, y se les reconozca así que su enfermedad es "profesional". Su papel es muy importante para establecer el origen laboral de la enfermedad, pues los delegados y las delegadas de prevención han de ser informados de los resultados de las mediciones.

¹⁹ Comisión de Salud Pública, Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. [Protocolo de vigilancia sanitaria de radiaciones ionizantes](#).

²⁰ [Real Decreto 1299/2006](#), de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.



Exposición laboral al radón. Guía para la prevención



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

**Prevención de riesgos
laborales**

Referencias

En caso de que la empresa no cumpla con esta obligación legal, el siguiente paso es formalizar una denuncia ante Inspección de Trabajo.

Los delegados y delegadas, asimismo, han de verificar si la empresa cumple con la obligación de realizar la declaración ante la Consejería con competencias en materia de industria de su comunidad autónoma. En caso que la empresa incumpla con esta obligación, conviene recurrir ante la Inspección del Consejo de Seguridad Nuclear, con el asesoramiento del sindicato.



¿Por qué esta guía?

Índice

Introducción

Normativa española

Actuaciones de
las Administraciones
Públicas

Prevención de riesgos
laborales

Referencias

Referencias

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los EEUU (2016): *Resúmenes de Salud Pública - Radón (Radon)*.
- INSST NTP 614: *Radiaciones ionizantes: normas de protección*.
- INSST NTP 728: *Exposición laboral a radiación natural*.
- International Atomic Energy Agency (2015): *Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation*.
- Narocki C, Ruano-Raviña A, López-Jacob MJ y Barros-Dios JM (2017): Informe final del proyecto *Exposición laboral a radón interior en España. Estudio piloto*. Proyecto realizado por la Universidad de Santiago de Compostela, el Instituto de Radón de Galicia e ISTAS-CCOO, con el apoyo de una beca de la Fundación Prevent.
- Ministerio de Fomento. *Código Técnico de Edificación (borrador de la modificación de 2019)*.
- Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.
- Organización Mundial de la Salud (2015). *Manual de la OMS sobre el radón en interiores - una perspectiva de salud pública*. Disponible en https://www.who.int/phe/publications/indoor_randon_handbook/es/
- Organización Mundial de la Salud (2016): *Datos y cifras - El radón y sus efectos en la salud*.
- Ruano-Raviña A y otros (2018): *Indoor radon in Spanish workplaces. A pilot study before the introduction of the European Directive 2013/59/Euratom* (Radón interior en puestos de trabajo en España. Un estudio piloto antes de la introducción de la Directiva Europea 2013/59/Euratom). *Gac. Sanit.* <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.05.006>