

Radón en los lugares de trabajo, ¿cómo abordarlo?

Beatriz Diego Segura

Subdirección Técnica. INSST

Los efectos del radón sobre la salud se han investigado a lo largo de varias décadas. Recientemente, dichas investigaciones han aportado pruebas convincentes de que existe una relación causal entre el radón en interiores y el cáncer de pulmón. Como consecuencia, el radón se ha convertido en un problema de salud pública y laboral y, por ello, en el marco de la Unión Europea se ha aprobado la Directiva 2013/59/EURATOM que rebaja el nivel de referencia de exposición al radón tanto para viviendas como para los lugares de trabajo.

Dado que los riesgos debidos a la radiación ionizante cuentan con una normativa específica en la que, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) juega un papel relevante, a través de este artículo se pretende orientar a las empresas acerca de cómo proceder para evaluar y controlar este riesgo.

EL RADÓN Y LA RADIATIVIDAD

El radón (Rn) es un elemento radiactivo perteneciente a la familia de los gases nobles, por lo que carece de reactividad química. A pesar de ello, es extremadamente móvil pudiendo infiltrarse a través de los poros y grietas de materiales como la roca, el plástico y la madera. Es incoloro, inodoro, insípido y muy soluble tanto en agua como en otros líquidos, sobre todo orgánicos. Además, su densidad es bastante mayor que la del aire por lo que tiende a concentrarse en zonas bajas.

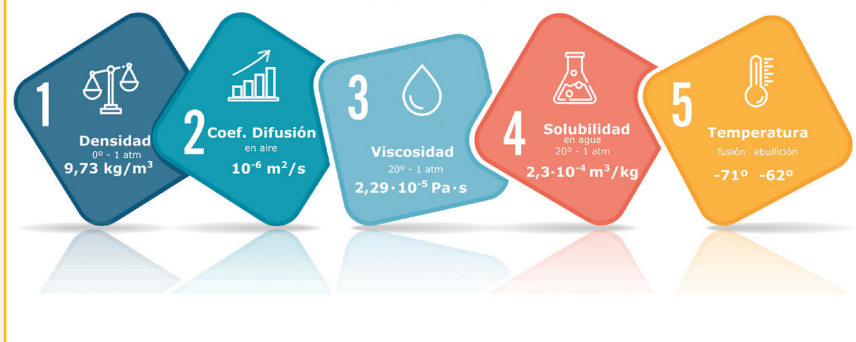
En la naturaleza existen tres grandes series radiactivas: la del Uranio-238

(²³⁸U), la del Uranio-235 (²³⁵U) y la del Torio-232 (²³²Th). Estos elementos son inestables debido al elevado número de protones y neutrones de sus núcleos, por ello tienden espontáneamente a transformarse en átomos cada vez más sencillos, hasta alcanzar la estabilidad. Durante este proceso de descomposición, mediante el cual un átomo —llamado “padre”— decae en otro átomo —llamado “hijo”— se produce emisión de radiación ionizante. En cada una de estas tres series encontramos diferentes isótopos del radón, sin embargo, el más importante de todos es el Radón-222 (²²²Rn, o simplemente radón) ya que tiene un periodo de semidesintegración de 3,8 días. Por lo tanto, puede acumularse con relativa facilidad

en sitios cerrados y con poca ventilación ya que pasarán aproximadamente cuatro días hasta que la mitad de los átomos de radón se hayan transformado en el siguiente elemento de la serie.

El radón pertenece a la serie del ²³⁸U. Se transforma primero en torio, luego en protactinio y así sucesivamente siguiendo un proceso en cadena en el que se generan trece elementos radiactivos, el uranio acaba convirtiéndose en plomo (elemento estable). Dentro de esta secuencia, el radón es a su vez “padre” de otros elementos radiactivos por lo que al hablar de sus riesgos no debemos olvidar también la radiación emitida por sus descendientes.

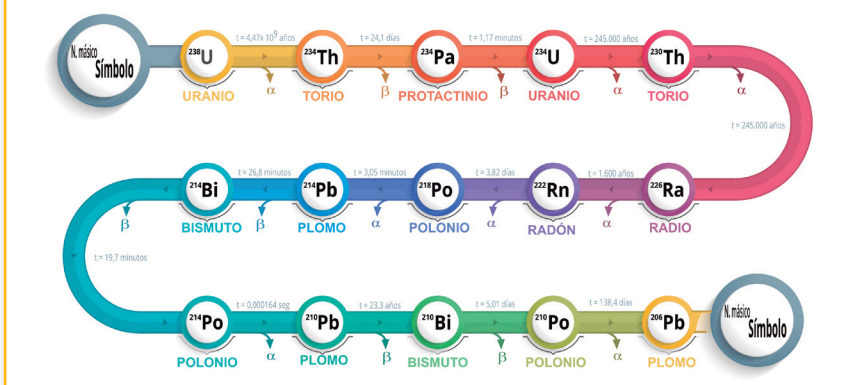
■ Figura 1 ■ Propiedades fisicoquímicas del radón



Pero estos no son los únicos datos que debemos considerar, ya que, además, necesitamos conocer los mecanismos a través de los cuales el radón penetra en el interior de los edificios.

Cuando se forma el radón, a partir del radio, los átomos gaseosos tenderán a abandonar la estructura sólida en la que se han formado a través de cualquier grieta o poro hasta alcanzar el aire exterior. Durante este tránsito, el radón buscará el camino que le sea más favorable y es aquí donde entran en juego los mecanismos de penetración: la difusión y la convección.

■ Figura 2 ■ Serie radiactiva del U238



Mecanismo 1: Difusión

La difusión explica el comportamiento del gas dentro del interior del material en el que se ha formado. Consiste en un movimiento de átomos desde las zonas de mayor concentración de radón hasta las de menor, con el fin de obtener una distribución uniforme.

En este proceso juegan un papel fundamental la fragmentación y la porosidad, ya que el radón se desplazará con mucha más dificultad en materiales compactos que en medios fragmentados y porosos.

Mecanismo 2: Convección

La convección explica cómo el radón, por diferencia de presiones, abandona el medio en el que se ha formado y pasa al aire exterior.

En este caso, es determinante la permeabilidad. Cuanto más impermeable sea un material, más dificultades tendrá el radón para atravesarlo e incorporarse a la atmósfera.

Las arcillas, por ejemplo, son una potencial fuente de radón dado que tienen

EL RADÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO

Como ya hemos visto, dado que el radón tiene un periodo de desintegración de tan solo 3,8 días, debe ser formado continuamente a través de su “padre”, el radio, que en última instancia proviene del uranio.

El uranio está presente, en mayor o menor medida, en todas las rocas y suelos como se muestra en la tabla 1 donde se relaciona la concentración de ²³⁸U de los principales tipos de rocas. Por lo tanto, las primeras pistas para detectar la presencia de radón las tendremos a partir de la carta geológica del terreno donde esté ubicada la edificación y en el tipo de materiales empleados en su construcción.

A pesar de que el suelo es la principal fuente de entrada de radón en las viviendas y los lugares de trabajo, no debemos olvidar que, en los últimos años, se ha visto un incremento de materiales industriales, denominados de desecho, procedentes de cenizas de centrales térmicas, de acerías o de la industria de los fertilizantes, que contienen una cantidad de radio particularmente alta y, en consecuencia, son fuentes potenciales de radón.

TIPO DE ROCA	Cantidad de ²³⁸ U (ppm)
Graníticas	5,0
Arcillas	3,7
Basálticas	1,0
Areniscas	0,5
Ultrabásicas	0,001

Fuente: [Radón. Un gas radiactivo de origen en tu casa](#)

■ Figura 3 ■ Penetración del radón en los edificios



una cantidad apreciable de uranio. Sin embargo, al ser muy impermeables, la cantidad del gas que liberan es muy pequeña. Por el contrario, los suelos calcáreos, a pesar de tener menor concentración de uranio que los arcillosos, liberan mucho más radón que estos últimos, ya que son mucho más permeables y están más fracturados.

Una vez que sabemos cómo el radón se introduce en los edificios, debemos comprender cómo se comporta en su interior. El radón penetra en los edificios a través del terreno por lo que tenderá a concentrarse en los sótanos, especialmente, si carecen de una buena ventilación. Desde las partes bajas, el gas se desplazará hacia las más elevadas y, en ese camino, irá diluyéndose paulatinamente en el aire.

La concentración de radón en interiores dependerá además de variables como:

- La ventilación del edificio.
- La diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.
- La época del año.
- La presión atmosférica.

Todos estos factores hacen que la concentración de radón en los interiores tenga una oscilación muy elevada tanto a lo largo del día como a lo largo del año. Por ejemplo: la concentración alcanza su máximo a primera hora de la mañana y, por término medio, en invierno es 1,5 veces superior a la de verano.

EFFECTOS PARA LA SALUD

Para abordar los efectos sobre la salud derivados de la exposición al radón es imprescindible tener presentes dos aspectos fundamentales:

- El radón, en su proceso de decaimiento, emite partículas α .

Las partículas α son núcleos de helio completamente ionizados, es decir, están formados por dos protones y dos neutrones. Son muy energéticos porque interactúan fuertemente con otras moléculas debido a su gran masa y carga eléctrica. Debido a esto, su capacidad de penetración es pequeña.

- El radón es el único elemento gaseoso de toda la serie, por lo que es capaz de emanar desde las rocas o el suelo, pasar a la atmósfera y ser respirado. Si, durante el proceso de inspiración-espирación, el radón transmuta, se depositará en los alvéolos en forma de polonio sólido y, por tanto, no podrá ser exhalado. En consecuencia, en los pulmones habrá partículas que continuarán su secuencia natural de

desintegración hasta convertirse en plomo.

Debido a esto, el radón es una de las principales causas de cáncer de pulmón. Las estimaciones actuales sobre la proporción de los casos de cáncer de pulmón atribuibles a este gas varían entre un 3% y un 14% según la concentración media de radón y la prevalencia del consumo de tabaco.

La primera vez que se detectó este efecto fue al comprobarse un aumento en la tasa de cáncer de pulmón entre trabajadores de minas de uranio expuestos a altas concentraciones de radón. Además, hay estudios realizados en Europa, Norteamérica y China que confirman que, incluso en concentraciones bajas —como las que se encuentran en las viviendas—, el radón también entraña riesgos para la salud

y causa cáncer de pulmón en todo el mundo.

Según la OMS, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco y la primera si solo se considera a los no fumadores. La probabilidad de que este gas provoque cáncer de pulmón es mayor en fumadores y, de hecho, se ha calculado que el riesgo asociado al radón de una persona fumadora es 25 veces superior al de otra que no lo es.

Como consecuencia de todo esto, el radón se ha convertido en un problema de salud tanto pública como laboral y la legislación, siguiendo las recomendaciones de la OMS, se ha ido endureciendo en los últimos tiempos, bajando los niveles máximos permitidos, especialmente en lugares cerrados como viviendas y lugares de trabajo.

DIRECTIVA 2013/59/EURATOM

En el año 2013, se publicó la Directiva 2013/59/EURATOM que regula la exposición a radiaciones ionizantes tanto en el ámbito laboral como en el poblacional e incorpora, de forma expresa, novedades importantes relacionadas con el radón.

La principal de estas novedades consiste en la elaboración de un "Plan Nacional frente al Radón" que incluya, entre otras medidas, la reducción a la mitad del valor de referencia para el promedio anual de la concentración de radón en lugares de trabajo. Esto es, de 600 Bq/m³ a 300 Bq/m³.

Dicha directiva ya ha sido transpuesta, al menos parcialmente, en lo referente a la parte sanitaria, al control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas, a la información en caso de

emergencia nuclear o radiológica y a algunos aspectos relacionados con la nueva construcción de viviendas. Concretamente por:

- Real Decreto 586/2020, de 23 de junio, relativo a la información obligatoria en caso de emergencia nuclear o radiológica.
- Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

No obstante, algunos aspectos relevantes de la directiva europea quedan aún pendientes de transposición a nuestro ordenamiento jurídico.

Particularmente destacables son las novedades introducidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE). En concreto, se crea una nueva sección denominada DB-HS6, dentro de los documentos básicos de salubridad, donde se establecen medidas para limitar la penetración del radón en los edificios cuando se supere el nivel de referencia de 300 Bq/m³. Estas medidas serán de aplicación en obras nuevas y en intervenciones en edificios existentes, como ampliaciones, cambios de uso o reformas.

Además, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ha publicado una guía titulada "Rehabilitación

frente al radón", para ayudar a los proyectistas de obras y a los usuarios de edificios afectados en la puesta en marcha de las medidas preventivas que aparecen en el CTE.

PLAN NACIONAL FRENTE AL RADÓN

Como se ha comentado, la Directiva 2013/59/EURATOM mandata a los Estados miembros a impulsar planes nacionales para abordar, de manera integral, la problemática del radón. Estos planes incluyen, entre otras, acciones de sensibilización, programas de financiación para campañas de medición, para la rehabilitación de edificios y para la identificación de las zonas en las que, por su orografía, existe mayor riesgo potencial de exposición al radón.

Para facilitar este último punto, el CSN —en base a mediciones— ha elaborado un mapa donde se han identificado las localidades con probabilidad significativa de que los edificios allí construidos presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia establecido (300 Bq/m³) y que, por tanto, constituyen zonas de actuación prioritaria.

En la figura 4 se representa un mapa donde, en color destacado, se muestran los municipios que pertenecen a zonas de actuación prioritaria. Para obtener información más detallada, localidad por localidad, se recomienda acudir a la página web: csn.es/mapa-de-zonificacion-por-municipio.

Además, la normativa europea indica que se deberán identificar los tipos de lugares de trabajo (por ejemplo: escuelas, centros sociales, etc.) y edificios con acceso público en los que será necesario realizar mediciones. Por ello, tras la

transposición de la directiva, el CSN emitirá una Instrucción¹ con un listado de términos municipales en los que será obligatoria la realización de medidas para todos los lugares de trabajo situados en la planta baja o en plantas bajo rasante.

¿CÓMO ABORDAR LA PRESENCIA DE RADÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO?

En la actualidad, la exposición al radón en los lugares de trabajo está regulada en el Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RD 783/2001) y en la Instrucción IS-33 del CSN sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.

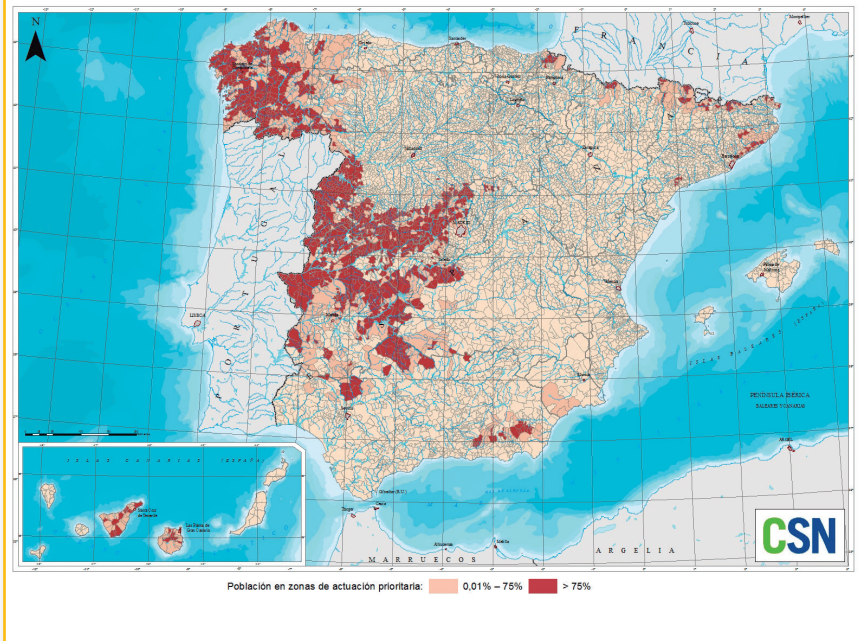
No obstante, no en todos los lugares de trabajo es obligatorio llevar a cabo mediciones de radón, ya que la IS-33 del CSN establece que solo están obligados a declarar su actividad y a llevar a cabo mediciones de radón los titulares de las actividades laborales que se desarrollen en:

- Lugares de trabajo subterráneos como cuevas, galerías y minas.
- Establecimientos termales.
- Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.

Con la transposición de la directiva, a esta lista habrá que añadir los lugares de

¹ Las instrucciones del CSN son normas técnicas en materia de seguridad nuclear y protección radiológica que tienen carácter vinculante, una vez han sido publicadas en el Boletín Oficial del Estado.

■ Figura 4 ■ Mapa de zonas de actuación prioritaria



trabajo, en planta baja y subterráneos, que estén ubicados en las zonas de actuación prioritaria (véase el mapa de la figura 4).

Mientras tanto, ante la sospecha de la presencia de radón en un centro de trabajo, se deberá proceder a realizar un estudio tal y como se especifica en la **Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo**, elaborada por el CSN.

Estos estudios son relativamente complejos, ya que su objetivo será la determinación del promedio anual de radón y, como se ha visto, la concentración de este gas tiene una gran variabilidad. Por ello, para obtener un valor fiable el número de detectores que se utilicen dependerá de la superficie útil del lugar de trabajo y las mediciones deben prolongarse durante, al menos, un periodo mínimo de tres meses.

A partir del promedio anual de radón se debe determinar la dosis de radiación efectiva (en Sievert, Sv) absorbida. Para realizar este cálculo se han desarrollado coeficientes, utilizando modelos dosimétricos junto con una serie de hipótesis sobre las características típicas como la distribución de aerosoles en el recinto, la tasa de respiración y la permanencia en el lugar de trabajo.

Por ejemplo: teniendo en cuenta los nuevos coeficientes de la Directiva 2013/59 EURATOM, para una concentración promedio de 400 Bq/m³ y un tiempo de permanencia anual de 2.000 horas, se corresponderán con una dosis de 6 mSv/año y será preceptiva la vigilancia dosimétrica de dichas personas.

Para realizar estos estudios se deberá contactar con laboratorios acreditados en mediciones de radón y, en los casos más complejos, con el asesoramiento de una Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR).

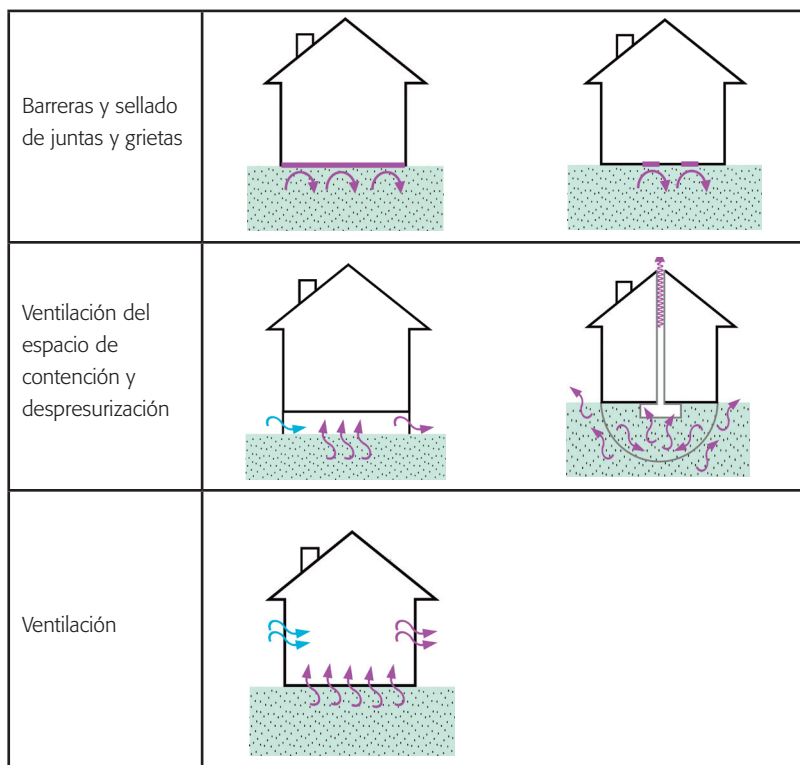
¿CÓMO REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE RADÓN?

Las soluciones de protección frente al radón tienen como objetivo disminuir su concentración en los espacios donde puede haber una mayor ocupación o tránsito de personas: garajes, almacenes, cuartos de mantenimiento, etc. En los edificios ya existentes las soluciones serán similares a las utilizadas en edificaciones de nueva construcción, si bien se deberán tener en cuenta ciertas limitaciones impuestas por la propia estructura.

Las soluciones de protección se pueden agrupar según su forma de actuación en cuatro grandes grupos:

- Soluciones de aislamiento del edificio. Por ejemplo, empleando barreras de protección frente al radón o sellando las fisuras, las grietas, los encuentros y las juntas por las que pueda emanar el gas.
- Soluciones de reducción del radón antes de que penetre en el edificio. Por ejemplo, instalando sistemas de despresurización del terreno o sistemas de ventilación del espacio de contención.
- Soluciones de reducción del radón cuando ya ha penetrado en el edificio. Mejorando la ventilación de los locales, fundamentalmente mediante mecanismos de dilución, ya que los sistemas de extracción pueden favorecer una mayor emanación del radón.
- Soluciones destinadas a la selección de materiales con baja exhalación de radón. Por ejemplo, consultando el origen geológico y geográfico de los materiales empleados en la construcción o rehabilitación del edificio.

■ Figura 5 ■ Soluciones constructivas frente al radón



¿Qué son las UTPR?

El CSN, a la vista del riesgo radiológico, puede exigir a una determinada organización o empresa que se dote de una unidad especializada en protección radiológica. En ocasiones, será obligatorio que estas unidades pertenezcan a la propia organización, como, por ejemplo, en las centrales nucleares, pero en otros casos se puede recurrir a entidades externas.

El término "Servicios de Protección Radiológica" (SPR) se utiliza para referirse a aquellas unidades que se constituyen como parte de la propia organización. El término "Unidades Técnicas de Protección Radiológica" (UTPR) se utiliza para referirse a las unidades que se contratan para la prestación de estos servicios. Tanto los SPR como las UTPR, así como sus responsables, deben estar expresamente autorizados por el CSN.

Las UTPR pueden realizar las siguientes funciones:

- Participar y supervisar el diseño, montaje, instalación, operación, modificación y clausura de la instalación.
- Participar en los trámites asociados a la adquisición de equipos y aparatos radiactivos.
- Evaluar los riesgos radiológicos.
- Realizar la clasificación radiológica de zonas de trabajo.
- Realizar la clasificación de trabajadores expuestos.
- Establecer las normas de acceso, estancia y salida de zonas radiológicas.
- Llevar a cabo la vigilancia radiológica de zonas, de efluentes y de los residuos radiactivos.
- Realizar el mantenimiento, la verificación y la calibración de equipos de detección y medida.
- Gestionar la vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos.
- Evaluar el impacto radiológico en operación normal y en caso de accidente.
- Gestionar la formación y el entrenamiento del personal.
- Implantar el principio de optimización de la protección radiológica.
- Realizar el control de calidad de las instalaciones médicas.

¿Cómo gestionar el riesgo de exposición al radón?

La evaluación de riesgos es el instrumento técnico que permite recabar la información necesaria para poder tomar decisiones sobre las medidas preventivas necesarias para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores. En ella, se deben tener en cuenta las condiciones de trabajo, lo que incluye específicamente a los agentes químicos, físicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo con independencia de que estos se hayan generado de forma natural, como en el caso del radón, o a consecuencia del propio proceso productivo.

Según lo establecido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, la evaluación de riesgos deberá realizarse por las personas encargadas de la gestión preventiva en la empresa, en función de lo establecido en el Reglamento de los Servicios de Prevención, esto es: integrantes de los servicios de prevención (propios o ajenos), titulares del negocio o personal designado. Por simplificar, en los párrafos siguientes, el término "servicio de prevención" englobará a todas estas figuras.

Para que la evaluación de riesgos sea efectiva, el servicio de prevención deberá seguir un procedimiento sistemático que comienza con una correcta identificación de las condiciones de trabajo y las potenciales fuentes de daño que pueden afectar a la seguridad y la salud.

Si, durante el proceso de identificación, el servicio de prevención detecta la posible presencia de radón en el lugar de trabajo, deberá informar a la empresa acerca de la necesidad de recurrir a las entidades especializadas en la evaluación de este riesgo: laboratorios acreditados para la medición de radón o, en los casos más complejos, las UTPR.

del tabaco y la primera si solo se considera a la población no fumadora. Por ello, las autoridades europeas han endurecido la legislación sobre esta materia.

- La 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 incorpora importantes novedades relacionadas con el radón. Entre ellas: la elaboración de planes nacionales frente al radón y la reducción del nivel de referencia de 600 Bq/m³ a 300 Bq/m³.
- La medición de la concentración de radón (promedio anual) y la determinación de la dosis efectiva son procesos complejos que deben ser llevados a cabo por especialistas en protección radiológica, siguiendo el procedimiento descrito en la Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. ●

CONCLUSIONES

- El radón (radón-222) es un gas radiactivo natural procedente de la cadena de desintegración del uranio-238. Este gas no suele presentar niveles altos en el aire libre, pero tiende a acumularse en el interior de los edificios y puede dar lugar a concentraciones elevadas, especialmente en zonas con suelos muy permeables o con un alto contenido de radio-226.
- Según la OMS, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después

Referencias bibliográficas

1. [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.](#)
2. [Real Decreto 586/2020, de 23 de junio, relativo a la información obligatoria en caso de emergencia nuclear o radiológica.](#)
3. [Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.](#)
4. [Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.](#)
5. [Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.](#)
6. [Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, que aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.](#)
7. [Instrucción IS-33, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural \(CSN\).](#)
8. [Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo \(CSN\).](#)
9. [Preguntas frecuentes sobre radón en lugares de trabajo \(CSN\).](#)
10. [Quindós, L.S., \(1995\). Radón. Un gas radiactivo de origen en tu casa. CSN y Universidad de Cantabria.](#)
11. [Santamarta, J.C., et al. \(2020\). Guía técnica de buenas prácticas frente a la exposición al radón en las instalaciones hidráulicas subterráneas de Canarias. Tenerife: Gobierno de Canarias y Universidad de La Laguna.](#)
12. [Sanchez, V., García, K.A., \(2020\). Guía de rehabilitación frente al radón. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y CSIC.](#)