

Workshop I+D+i en Radón

Monday 11 November 2024 - Wednesday 13 November 2024

Book of Abstracts

Contents

El Plan Nacional contra el radón	1
Metrología y dosimetría de los descendientes del radón.	1
Ejercicios de intercomparación en condiciones reales.	1
Visión reguladora del Plan Nacional	1
El plan gallego Reduce Radón	1
Planes nacionales de radón en el marco de la directiva 2013/59/Euratom	1
RadoNorm Project	1
Radon mitigation in buildings: state of the art and perspectives	1
Tools for indoor radon modelling	1
Efectos moleculares del radón en cáncer de pulmón. Proyecto Radón ATLAS.	2
Otros efectos del radón diferentes al cáncer de pulmón.	2
Abstracts	2
Tengo niveles altos de radón en casa, ¿ahora qué?: Un proyecto de ciencia ciudadana.	2
Radohow: Ciencia ciudadana para conocer las dosis de radón en el hogar y el centro de trabajo.	2
Abstracts	2
Atlas Europeo del Radón	2
Radón en empresas de casuística compleja.	3
Actividad inspectora.	3
Radón en el puesto de trabajo.	3
Abstracts	3
Soluciones constructivas de mitigación de radón y perspectivas.	3
Métodos de modelización de los niveles de radón en recintos cerrados.	3
Charlas + Pósters.	3

Mortalidad por cáncer y zonas de riesgo de radón en España	3
Construcción de los patrones primario y secundario de actividad de radón	4
Radón en España: percepción de la opinión pública, agenda mediática y comunicación del riesgo.	5
Medidas de la concentración de ^{222}Rn en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (2013-2023)	5
Radón en España: percepción de la opinión pública, agenda mediática y comunicación del riesgo	5
Intercomparación internacional de medida del coeficiente de difusión de radón en láminas aislantes	6
Percepción del riesgo del radón por parte de los habitantes de Torrelodones	6
La incubadora de ciencia ciudadana RadoNorm	7
Influencia de los elementos constructivos en la concentración de radón en viviendas. . .	8
Desarrollo de dos proyectos financiados por el CSN relacionados con radiación natural .	8
Mapa de radón de Galicia	9
¿Cómo proteger a los trabajadores expuestos al radón? Necesidad de un protocolo específico de vigilancia de la salud	9
Métodos de modelización de los niveles de radón en recintos cerrados.	10
Proyecto RADSIM: Monitorización experimental de parámetros relacionados con la entrada y acumulación de radón en edificios	11
Descripción general y resultados principales de RADSIM, un proyecto de investigación para la generación y validación de modelos numéricos para la predicción de la entrada de radón en edificios a partir de una caracterización del terreno y una definición tipológica de la construcción en España	11
Metodología para la identificación de áreas de riesgo de radón basada en información geológica y mapas de radiación gamma terrestre en las Islas Canarias.	12
Soluciones constructivas de mitigación de radón y perspectivas	13
Proyecto RADSIM: Aplicabilidad de los modelos de simulación para el estudio de hipótesis y propuestas de mitigación de radón. Aplicación a un caso real.	14
Exposición al gas radón relacionada con la erupción del volcán Tajogaite en La Palma, Islas Canarias.	15
La simulación como herramienta conveniente para el diagnóstico en las remediaciones frente al radón en edificación	15
Resultados del proyecto RADosis: Actualización de la cámara de radón de la Universidad Politècnica de Catalunya para medida de la progenie de radón y de aerosoles.	16

Resultados Proyecto RADosis: Campaña de mediciones de radón y sus descendientes en una antigua mina del Prepirineo catalán y cálculo dosimétrico de acuerdo con ICRP 137.	16
Transferencia de radón en los lixiviados de suelos contaminados con fosfoyesos.	17
Efectos moleculares del radón en cáncer de pulmón. Proyecto Radón ATLAS.	18
Otros efectos del radón diferentes al cáncer de pulmón.	18
La problemática del radón en las cuevas turísticas españolas	18
Acreditación de los laboratorios que realizan control de radón en aire.	18

Plan Nacional / 1

El Plan Nacional contra el radón

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 2

Metrología y dosimetría de los descendientes del radón.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 3

Ejercicios de intercomparación en condiciones reales.

Plan Nacional / 4

Visión reguladora del Plan Nacional

Plan Nacional / 5

El plan gallego Reduce Radón

Plan Nacional / 6

Planes nacionales de radón en el marco de la directiva 2013/59/Eu- ratom

Plan Nacional / 7

RadoNorm Project

Diagnóstico y remediación / 8

Radon mitigation in buildings: state of the art and perspectives

Diagnóstico y remediación / 9

Tools for indoor radon modelling

Efectos sobre la salud / 11

Efectos moleculares del radón en cáncer de pulmón. Proyecto Radón ATLAS.

Efectos sobre la salud / 12

Otros efectos del radón diferentes al cáncer de pulmón.

Efectos sobre la salud / 13

Abstracts

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 14

Tengo niveles altos de radón en casa, ¿ahora qué?: Un proyecto de ciencia ciudadana.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 15

Radohow: Ciencia ciudadana para conocer las dosis de radón en el hogar y el centro de trabajo.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 16

Abstracts

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 17

Atlas Europeo del Radón

Lugares de trabajo / 18

Radón en empresas de casuística compleja.

Lugares de trabajo / 19

Actividad inspectora.

Lugares de trabajo / 20

Radón en el puesto de trabajo.

Lugares de trabajo / 21

Abstracts

Diagnóstico y remediación / 22

Soluciones constructivas de mitigación de radón y perspectivas.

Diagnóstico y remediación / 23

Métodos de modelización de los niveles de radón en recintos cerrados.

Diagnóstico y remediación / 24

Charlas + Pósters.

Efectos sobre la salud / 25

Mortalidad por cáncer y zonas de riesgo de radón en España

Author: Laura Mezquita¹

Co-authors: Ainara Arcocha ²; David Delgado ²; José - Luis Gutiérrez Villanueva ³; Juan Carlos Laguna ¹; Julieth Mena ²; Laura Alcolea ²; Manuel Jiménez ²; Mario Bernabeu ²; Miquel Ferriol ²; Teresa Gorriá ¹

¹ *Thoracic Oncology Group, Medical Oncology Department, Hospital Clinic; Laboratory of Translational Genomics and Targeted Therapies in Solid Tumors, IDIBAPS*

² *Laboratory of Translational Genomics and Targeted Therapies in Solid Tumors, IDIBAPS*

³ *Radonova Laboratories AB*

Corresponding Authors: joseluis.gutierrez@radonova.com, lmezquita@clinic.cat

La radiación ionizante tiene la propiedad de causar daños en el ADN de las células. El gas radón es un emisor alfa y la radiación ionizante procedente de descendientes del radón es de alta energía. Hay múltiples estudios que muestran la correlación entre la exposición a la radiación ionizante procedente del gas radón y el cáncer de pulmón. Los efectos sobre la salud de la exposición al gas radón, además del cáncer de pulmón, están recibiendo más atención debido al aumento de las medidas de concentración de gas radón y al acceso más fácil a las bases de datos con registros de cáncer.

En este trabajo presentaremos nuestros resultados tras haber examinado 12 años de registros de mortalidad en el Registro Nacional de Mortalidad de España. Nos centraremos en los municipios de más de 10000 habitantes y dividiremos el país en tres zonas de riesgo en función de la concentración media anual de radón.

Nuestros resultados muestran que el 27 % de las muertes en el periodo de estudio se deben a enfermedades cancerosas. Por otro lado, muestran una correlación entre la exposición al radón y otros tumores diferentes al cáncer de pulmón, especialmente en mujeres jóvenes. Para finalizar, presentaremos otras correlaciones observadas que dependen de los grupos de edad y de tipos específicos de tumores.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 26

Construcción de los patrones primario y secundario de actividad de radón

Author: Marco Alfonso Lombana Rodriguez¹

Co-authors: Marcos Mejuto Mendieta ¹; Miguel Roteta Ibarra ¹; Nuria Navarro Ortega ¹; Virginia Peyres Medina ¹

¹ *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*

Corresponding Authors: marcos.mejuto@ciemat.es, miguel.roteta@ciemat.es, marcoalfonso.lombana@ciemat.es, nuria.navarro@ciemat.es, virginia.peyres@ciemat.es

La aplicación del nuevo reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSRI) y el Plan Nacional contra el radón exigen un aumento de las capacidades metroológicas a nivel nacional, dentro del cual se encuentra el encargo al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI-CIEMAT) de construir un patrón primario de actividad de radón que ocupe el eslabón más alto de la pirámide metroológica nacional.

Con tal fin, se decidió adaptar un sistema de medida por la técnica de ángulo sólido definido a las condiciones de alto vacío (~10⁻⁶ hPa) y una fuente de radón condensado en un disco de níquel enfriado a 70K y enfrentado a un detector de silicio, en una configuración validada en laboratorios internacionales de Francia (Picolo, 1996), Suiza (Spring et al., 2006) y Corea del Sur (Kim et al., 2012) entre otros. La actividad de la muestra se obtiene exclusivamente de la relación entre las cuentas del detector y el ángulo sólido definido entre la fuente y el detector, constituyendo así un patrón de medida absoluto.

Una vez realizada la medida, el gas se introduce en un vial metálico que puede utilizarse como fuente para la cámara secundaria de radón del LMRI (patrón nacional secundario) o para otras cámaras secundarias que quedan trazadas al patrón primario.

Ambos equipos, tras su caracterización e intercomparación con otros sistemas afines internacionales,

constituirán el Laboratorio Nacional de Metrología de Radón, que dará servicio a instituciones públicas y privadas que requieran de sus capacidades.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 27

Radón en España: percepción de la opinión pública, agenda mediática y comunicación del riesgo.

Lugares de trabajo / 28

Medidas de la concentración de ^{222}Rn en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (2013-2023)

Authors: Ana Salinas¹; Carmen Pérez¹; Jorge Puimedón¹; Silvia Borjabad²; Ysrael Ortigoza³

¹ *Universidad de Zaragoza*

² *Laboratorio Subterráneo de Canfranc*

³ *Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia*

La concentración de ^{222}Rn en el interior del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) se mide en tiempo real durante intervalos de 10 minutos desde el año 2013 con monitores ALPHAGUARD P30 y D50. Medidas análogas se hacen en el edificio sede desde 2014.

Esta labor de vigilancia radiológica ambiental verifica el correcto funcionamiento de la ventilación del laboratorio subterráneo para garantizar la seguridad de las personas que trabajan en su interior. También representa una aportación científica relevante porque esta información es necesaria para estimar el impacto que la radiactividad del ^{222}Rn y su progenie pueda tener en los experimentos que se alojan en el LSC.

Todas las medidas se resumen en sucesivos informes anuales y una parte de ellas (2013-2018) han sido publicadas ("Long term measurement of the ^{222}Rn concentration in the Canfranc Underground Laboratory", Eur. Phys. J. C (2022) 82:891) en el contexto del experimento ANAIS-112, una búsqueda de la materia oscura en el LSC.

En esta comunicación presentamos las medidas desde 2013 hasta 2023 junto a la presión, temperatura y humedad que también registran los monitores ALPHAGUARD.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 29

Radón en España: percepción de la opinión pública, agenda mediática y comunicación del riesgo

Author: Jorge Vázquez-Herrero¹

Co-author: Berta García-Orosa¹

¹ *Universidade de Santiago de Compostela*

Corresponding Authors: berta.garcia@usc.es, jorge.vazquez@usc.es

El proyecto "Radón en España: percepción de la opinión pública, agenda mediática y comunicación del riesgo (RAPAC)", financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear (SUBV-13/2021), nació con el objetivo principal de analizar la percepción pública del radón en España y proponer acciones de comunicación que ayuden a la prevención.

Pese a ser la mayor fuente natural de radioactividad para la población en general y la segunda causa

de muerte por cáncer de pulmón después del tabaco (la primera en no fumadores), el gas radón no se representa nitidamente en la opinión pública. La investigación ha utilizado una metodología mixta que combina técnicas tradicionales en Ciencias Sociales como la encuesta, el análisis de contenido o la entrevista, junto a otras más innovadoras como la IA y el big data.

Los resultados de esta investigación señalan que el conocimiento sobre las características del gas radón, sus efectos en la salud y las medidas de prevención es moderado. La percepción del riesgo está muy vinculada a la percepción de estar afectado, por lo que la información se convierte en un factor clave, con diferentes niveles en las comunidades más afectadas. La presencia del radón en la agenda mediática, aunque cada vez más frecuente, carece de una posición proporcional al riesgo. La información local, las fuentes procedentes del ámbito científico y el enfoque centrado en informar sobre la incidencia del gas y los riesgos asociados al cáncer son los puntos definitorios de la cobertura mediática. Así mismo, el consumo de información sobre radón se relaciona con la percepción del riesgo, lo que pone en valor el rol de los medios y las instituciones en la comunicación del riesgo para concienciar a la ciudadanía y reconfigurar el espacio público con una población más informada que pueda tomar acciones y asumir un rol más activo en la gestión de su salud.

Diagnóstico y remediación / 30

Intercomparación internacional de medida del coeficiente de difusión de radón en láminas aislantes

Author: Daniel Rábago¹

Co-authors: Carlos Sainz¹; Martin Jiranek²; Krzysztof Kozak³; Dominik Grządziel³; Manuela Portaro⁴; Ilaria Rocchetti⁴; Paola Tuccimei⁴

¹ *Laboratorio de Radiactividad ambiental, Universidad de Cantabria (LaRUC) (Santander, España)*

² *Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University (Prague, Czech Republic)*

³ *Institute of Nuclear Physics PAN (IFJ PAN) (Krakow, Poland)*

⁴ *Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Roma Tre" (Roma, Italy)*

Corresponding Authors: paola.tuccimei@uniroma3.it, carlos.sainz@unican.es, ilaria.rocchetti@uniroma3.it, manuela.portaro@uniroma3.it, jiranek@fsv.cvut.cz, daniel.rabago@unican.es, dominik.grzadziel@ifj.edu.pl, krzysztof.kozak@ifj.edu.pl

A día de hoy existen dos estándares sobre cómo estimar el coeficiente de difusión de radón en materiales aislantes (ISO 11665-12 y 11665-13). A nivel europeo se dispone de varios laboratorios que realizan este tipo de mediciones, sin embargo, no existe un patrón de calibración común que permita la calibración de manera independiente. Surge por tanto la necesidad de la realización de un ejercicio de intercomparación en el que los laboratorios participantes realicen medidas del coeficiente de difusión de distintos materiales. Este tipo de actividades son una herramienta fundamental para evaluar y mejorar la precisión de los instrumentos de medición utilizados por los laboratorios, lo que contribuye a la garantía de la calidad de los resultados.

El objetivo principal de la campaña de intercomparación es evaluar la precisión y exactitud conjunta de los laboratorios para realizar medidas del coeficiente de difusión del radón sobre tres membranas comerciales aportadas por una compañía de forma anónima.

Los laboratorios participantes en la Intercomparación son los siguientes:

- Universidad de Cantabria (UC) - Laboratorio Radiactividad Ambiental (LaRUC) (Spain)
- Technical University in Prague (Czech Republic)
- Institute of Nuclear Physics PAN (Poland)
- Università "Roma Tre" (Italy)

Todos los participantes siguen como método de medida el estándar descrito en la ISO/TS 11665-13:2017.

A partir de los resultados se evaluarán las inconsistencias de los mismos de forma global, los dispositivos experimentales, los métodos de cálculo y se intentarán dar pautas de mejora con el objetivo de armonizar los resultados.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 31

Percepción del riesgo del radón por parte de los habitantes de Torrelodones

Authors: José María Ordóñez Iriarte^{None}; Roser Sala Escarrabill^{None}

Co-author: Cristina Angulo Castaño

Corresponding Authors: cristinaanguloc@gmail.com, jose.ordonez@ufv.es, roser.sala@ciemat.es

INTRODUCCIÓN

El radón es un gas radiactivo de origen natural que puede encontrarse en altas concentraciones en los espacios interiores, como las viviendas y los lugares de trabajo y es una de las principales causas del cáncer de pulmón

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es conocer la percepción pública del riesgo frente al radón en el municipio de Torrelodones, de la Comunidad de Madrid, categorizado como municipio de zona 2, y estudiar posibles diferencias en función de variables como el sexo, edad y el nivel educativo. Este estudio pretende identificar algunos aspectos clave para poder plantear mejores estrategias de comunicación a los ciudadanos sobre el riesgo de exposición a este gas.

MÉTODO

Estudio epidemiológico observacional de tipo transversal mediante una encuesta diseñada ad hoc, en base a los estudios previos existentes. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, que se basa en la disponibilidad y aceptación de los residentes del municipio, tratando que fueran representativos del conjunto de la población diana. Se entrevistaron 175 personas. Los datos obtenidos se almacenaron en una base de datos y se han procesado con el paquete estadístico SPSS (29) para los análisis descriptivos y de asociación (Chi cuadrado).

RESULTADOS

La muestra está compuesta por más mujeres (58,3%) que hombres (41,7%). La distribución por edad resultó del 33,7% para el grupo de 18 a 64 años, del 44% para el de 41 a 64 años y del 22,3% para el de personas de 65 años y más. La mayoría de los participantes posee un nivel educativo alto, con un 57,7% graduado universitario y un 20,6% con máster o doctorado. Existe conciencia sobre el riesgo del radón en la salud, que se percibe como un problema en la zona. Más de un 70% de los participantes manifiesta sentirse preocupado por este tema. La percepción del riesgo y la intención de adoptar medidas de protección en relación al radón están asociadas significativamente con la edad, nivel educativo, convivencia con hijos menores y consumo de tabaco.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que, a pesar de existir preocupación por el radón, no hay un nivel suficiente de conocimiento sobre los riesgos del radón en la población de Torrelodones. Las variables con asociación significativa podrían ser útiles para orientar las campañas de concienciación y fomentar comportamientos de protección específicos en los grupos particulares.

Estudios sociales, comunicación, formación y ciencia ciudadana / 32

La incubadora de ciencia ciudadana RadoNorm

Author: Meritxell Martell Lamolla¹

¹ MERIENCE SCP

Corresponding Author: meritxell.martell@merience.eu

El proyecto europeo RadoNorm ha puesto en marcha una incubadora de ciencia ciudadana que agrupa a más de 600 científicos ciudadanos en toda Europa. La baja concienciación sobre el radón y las cifras insuficientes de medida y mitigación de radón en áreas de alto riesgo nos han llevado a desarrollar un modelo de ciencia ciudadana en diversos países. La incubadora comenzó con 4 proyectos piloto en Francia, Hungría, Irlanda y Noruega y se expandió a otros seis países mediante una convocatoria abierta. Los países participantes en esta segunda fase incluyen Eslovaquia, Eslovenia, España, Italia, Polonia y Portugal. En Italia, ciudadanos y estudiantes midieron los niveles de radón, analizaron los datos y elaboraron un mapa interactivo de radón. En Polonia, los estudiantes de secundaria recabaron y analizaron muestras de suelo, agua y aire, contribuyendo a la educación e

investigación sobre estos temas. En Portugal, los estudiantes realizaron una campaña de monitoreo en una región interior del país poco estudiada hasta ahora. En Eslovaquia, una escuela de secundaria de construcción, la facultad de ingeniería civil y una ONG exploraron estrategias de mitigación en la construcción, mientras que en Eslovenia se investigó la eficacia de diferentes técnicas de mitigación. En España, el enfoque se centró en la reducción de la exposición al radón tanto en lugares de trabajo como en hogares.

Estos proyectos sensibilizan sobre el radón, integran el radón en los programas educativos de secundaria y abordan técnicas de construcción, contribuyendo así a la investigación académica dentro del proyecto RadoNorm y fomentando la colaboración entre los investigadores y la ciudadanía.

La incubadora RadoNorm sigue involucrando a ciudadanos y académicos, contribuyendo a avanzar en el conocimiento científico sobre los riesgos para la salud relacionados con el radón, y en última instancia, a reducir los casos de cáncer de pulmón.

Diagnóstico y remediación / 33

Influencia de los elementos constructivos en la concentración de radón en viviendas.

Authors: Alejandro Salas¹; Javier Guillén¹; Jorge García Paniagua²; Juan Jose Tejado Ramos³

¹ Universidad de Extremadura (LARUEX)

² Dirección General de Jóvenes y Deportes. Junta de Extremadura

³ Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (INTROMAC).

Corresponding Authors: jorge.garcia@juntaex.es, juanjose.tejado@org.juntaex.es, alejandrosalasgarcia@gmail.com, fg Guillen@unex.es

Dado la especial relación de la concentración de radón en el interior de las viviendas con la incidencia del cáncer, mayoritariamente de pulmón, en las legislaciones europea y española se ha considerado un nivel de referencia de 300 Bq/m³, como valor medio anual. Las características del suelo (contenido radioactivo, geología, porosidad, permeabilidad, etc.) tienen una influencia primordial en la concentración de radón en el interior de viviendas. Sin embargo, las características arquitectónicas y los elementos constructivos también pueden tener una influencia significativa en la misma. De hecho, en una zona clasificada como tipo II en el Mapa de Potencial de Radón en España del CSN, se observó que las construcciones calificables como tradicionales (1729 - 1940) y en las que no se habían realizado rehabilitaciones, las concentraciones de radón será inferiores a las de nueva construcción (1980-2014), debido principalmente a la mayor hermeticidad de los cerramientos por exigencia de actualizaciones sucesivas del Código Técnico de la Edificación. Cabe destacar que la exigencia de ahorro de energía de los edificios favorece una mayor estanquidad de los mismos y, por lo tanto, favorecen la acumulación de radón en el aire interior. Los materiales de construcción también pueden contribuir a la acumulación de radón, pero con una menor importancia. Tradicionalmente, se ha hecho un gran hincapié en la relación de los granitos comerciales y la exhalación de radón, pero ésta depende del contenido radioactivo y morfología del granito. Sin embargo, este parámetro depende del acabado final que se le dé a la losa de granito. Así acabado como el abujardado (golpeado con una maza) o flameado (sometido a un tratamiento térmico), presentan unas tasas de exhalación de radón muy superiores al acabado pulido, que es el que tradicionalmente se usa para interiores, y en especial para encimeras. Además, existen otras soluciones constructivas, como las basadas en barreras anti-radón, que emplean materiales con un coeficiente de difusión de radón muy bajo.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 34

Desarrollo de dos proyectos financiados por el CSN relacionados con radiación natural

Author: luis quindos poncela¹

Co-authors: josefina ortiz moragon²; sergio cañete hidalgo³

¹ *universidad de cantabria*

² *universidad politecnica de valencia*

³ *universidad de malaga*

Corresponding Authors: scanete@uma.es, quindosl@unican.es, jortiz@iqn.upv.es

En el marco de la convocatoria del CSN de Ayuda para la realización de actividades de investigación y desarrollo del año 2021 se han desarrollado dos proyectos. El primero denominado Karst y Radon involucra a las Universidades de Cantabria, Malaga y Politecnica de Valencia. En el segundo, Materiales de construcción y radon, participan la Universidad de Cantabria y El Instituto Eduarco Torroja del CSIC. En esta presentación se resumen los objetivos de ambos proyectos, las tareas llevadas a cabo y los resultados obtenidos hasta el momento presente resultado de las mismas.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 35

Mapa de radón de Galicia

Author: Lucia Martin-Gisbert^{None}

Co-authors: Guadalupe Garcia ; Joaquin Peón González ; Alberto Ruano Raviña

Corresponding Authors: lucia.martin.de@rai.usc.es, guadalupe.garcia0@rai.usc.es, alberto.ruano@usc.es, joaquin.peon@usc.es

El objetivo de este estudio es mapear la exposición de la población a radón residencial en Galicia utilizando datos transversales. Para ello describimos el uso de secciones censales como unidad geográfica y describimos la distribución del radón según la altura.

Métodos

Este estudio cuenta con 6.080 mediciones de radón realizadas por el Laboratorio de Radón de Galicia (LRG) con detectores de alfa-track colocados en cada vivienda, ocupada, durante al menos 3 meses. Todos los participantes completaron un cuestionario sobre las características de la vivienda y una llamada de seguimiento aseguró la devolución adecuada de los detectores al LRG para su revelado. Realizamos un análisis descriptivo de los resultados de radón de las viviendas (concentración integrada de radón en Bq/m³), incluyendo un análisis de la concentración de radón por altura (por piso medido), y un mapa gallego de radón utilizando tanto los municipios como las secciones censales como unidades geográficas.

Resultados

En Galicia observamos una concentración mediana de radón de 132 Bq/m³ (rango intercuartílico de 66 a 239 Bq/m³) y una media geométrica (MG) de 126 Bq/m³. El 18% de las viviendas superó los 300 Bq/m³. Los niveles de radón variaron ampliamente entre un municipio y otro, y dentro de cada municipio. La variación intra-municipal se puede observar con mapas a nivel de sección censal. Se observó un gradiente de altura en la concentración de radón, desde una MG de 289 Bq/m³ en los sótanos hasta una MG de 89 Bq/m³ en los pisos quintos y superiores. Además, el 14% de las viviendas en el segundo piso excedían los 300 Bq/m³. Más del 90% de las mediciones se realizaron en municipios clasificados como de zona I o II según el anexo I de la sección HS6 del código técnico de edificación (CTE), es decir que se consideran municipios con alto potencial de radón.

Conclusiones

Las secciones censales se pueden utilizar en mapas de radón como la unidad geográfica más pequeña para así aumentar la resolución e identificar variaciones dentro de los municipios.

En municipios ubicados en zona I o II según el anexo del HS6 del CTE, la vigilancia del radón debe incluir también viviendas ubicadas en el segundo piso.

Lugares de trabajo / 36

¿Cómo proteger a los trabajadores expuestos al radón? Necesidad de un protocolo específico de vigilancia de la salud

Author: Guadalupe Garcia¹

Co-authors: Alberto Ruano-Raviña ¹; Lucía Martín-Gisbert ¹

¹ *Universidad de Santiago de Compostela*

Corresponding Authors: lucia.martin.de@rai.usc.es, guadalupe.garcia0@rai.usc.es, alberto.ruano@usc.es

Introducción

En junio de 2024, en España, pasó a ser obligatorio medir radón en todos los lugares de trabajo subterráneos y de planta baja situados en municipios prioritarios para el radón. Si las concentraciones de radón superan los 300 Bq/m³, estos lugares de trabajo deben ser rehabilitados. El cumplimiento de esta normativa es el punto de partida para la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al radón. Sin embargo, sigue habiendo incertidumbre sobre el tipo de vigilancia médica que debe realizarse y los criterios de elegibilidad para la misma.

Objetivos

Los objetivos de este estudio son valorar la pertinencia del desarrollo de una propuesta sobre como debe ser la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a radón; y localizar y analizar buenas prácticas y evidencia científica existentes sobre la vigilancia sanitaria específica de estos trabajadores.

Método

Realizamos una revisión sistemática de la evidencia científica en las principales bases de registros biomédicos, seguida de una revisión de sitios web de instituciones y organizamos oficiales. Tras ambas revisiones, se realizaron consultas a expertos europeos responsables de las prácticas de vigilancia de la salud de los trabajadores con exposición ocupacional al radón sobre las prácticas en sus respectivos países.

Resultados

No se encontraron protocolos de vigilancia específicos en la revisión sistemática ni en los sitios web institucionales, lo que pone de manifiesto la falta de pruebas científicas en este ámbito. Esta falta de evidencia fue previamente reportada por otros autores.

Contestaron a la consulta profesionales de instituciones competentes en el ámbito del radón de 5 países de la Unión Europea: Austria, Finlandia, Francia, República Checa e Irlanda. La misma reveló de forma clara que ninguno de estos países cuenta con un protocolo específico de vigilancia sanitaria de trabajadores expuestos a radón, y probablemente ningún otro país en la Unión Europea.

Conclusiones

En vistas a la escasez de pruebas científicas concluyentes así como la falta de protocolos específicos de vigilancia en la Unión Europea, se presenta la necesidad de elaborar un protocolo para colmar esta laguna de conocimientos. Consideramos necesario que dicho protocolo sea fruto de un proceso de participación ciudadana, de organizaciones sindicales y de personas expertas de diferentes ámbitos. La inclusión de todos estos actores garantizaría, ante la falta de evidencia científica concluyente, la rigurosidad de su contenido.

Diagnóstico y remediación / 37

Métodos de modelización de los niveles de radón en recintos cerrados.

Author: Lluís Font Guiteras¹

¹ *Departament de Física. Universitat Autònoma de Barcelona*

Corresponding Author: lluis.font@uab.cat

Los niveles de radón en un recinto cerrado son consecuencia del balance entre distintos procesos de entrada y salida del radón en cada sala o habitación de un edificio. Hay una gran cantidad de parámetros y procesos que influyen en este balance, los cuales pueden agruparse en 4 principales categorías: i) propiedades de la fuente de radón (contenido en radio del suelo, de los materiales de construcción, permeabilidad del suelo, etc.), ii) características del edificio (interfase suelo-edificio, estanqueidad, etc.), iii) parámetros meteorológicos (variaciones de la temperatura, velocidad del viento, variaciones de la presión atmosférica, etc.) y iv) comportamiento de los habitantes (patrones de apertura de puertas y ventanas, uso de sistemas de calefacción o aire acondicionado, etc.). Como consecuencia, los niveles de radón pueden presentar variaciones temporales a distintas escalas (día/noche, estacional, anual) y espaciales muy relevantes, en algunos casos de más de un orden de magnitud.

Intentar reproducir los niveles de radón y su dinámica en un edificio es un reto para la modelización/simulación. La combinación del uso de modelos y de la realización de estudios experimentales en un lugar concreto permite una mejor comprensión de la entrada y acumulación de radón en el recinto, siendo de gran ayuda para el diseño de métodos de mitigación eficientes. En este trabajo se presentan los principales métodos de modelización utilizados, discutiendo cuáles son sus ventajas y limitaciones a la hora de aplicarlos a casos reales.

Diagnóstico y remediación / 38

Proyecto RADSIM: Monitorización experimental de parámetros relacionados con la entrada y acumulación de radón en edificios

Author: Daniel Gomez¹

Co-authors: Jesus Garcia Rubiano ²; Hector Alonso ²; Lluís Font ³; Borja Frutos ⁴; Marta Garcia-Talavera ⁵; Pablo Martel ²; Victoria Moreno ³; Luis Quindós ¹; Juana Teresa Santana ²; Isabel Sicilia ⁴; Alicia Tejera ²; Carlos Sainz ¹

¹ Universidad de Cantabria

² Universidad de las Palmas de Gran Canaria

³ Universidad Autonoma de Barcelona

⁴ Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

⁵ Consejo Seguridad Nuclear

Corresponding Author: daniel.rabago@unican.es

En el marco del proyecto financiado por el CSN titulado “Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción” se han llevado a cabo monitorizaciones de elevada resolución temporal de los principales parámetros físicos implicados en la presencia y acumulación de radón en recintos cerrados. Estas monitorizaciones se han realizado en dos emplazamientos, vivienda en Valsequillo (Gran Canaria) y casa piloto en Saelices el Chico (Salamanca), con el fin de utilizar los datos para el desarrollo y validación de modelos de entrada de radón en edificios. En esta presentación se mostrará la selección de parámetros estudiados que pueden afectar a la concentración de radón en el interior de los emplazamientos seleccionados, la metodología de medidas, el sistema de toma de datos y las series temporales obtenidas. Se muestran por tanto las series temporales de concentración de radón en el interior, concentración de radón en el suelo, los parámetros meteorológicos, y las presiones diferenciales de aire medidas en diferentes puntos tanto del interior como del exterior de los emplazamientos, incluyendo las del interior del suelo alrededor del edificio. Esas series temporales serán la base de los modelos de simulación de radón disponibles.

Diagnóstico y remediación / 39

Descripción general y resultados principales de RADSIM, un proyecto de investigación para la generación y validación de modelos numéricos para la predicción de la entrada de radón en edificios a partir de una caracterización del terreno y una definición tipológica de la construcción en España

Author: Jesús García Rubiano¹

Co-authors: Alicia Tejera ¹; Borja Frutos ²; Carlos Sainz ³; Daniel Rábago ³; Héctor Alonso ¹; Isabel Sicilia ²; Juana Teresa Santana ⁴; Lluís Font ⁵; Luis Quindós ³; Marta García-Talavera ⁶; Pablo Martel ¹; Victoria Moreno ⁵

¹ *Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.*

² *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

³ *Grupo Radón. Universidad de Cantabria*

⁴ *Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias*

⁵ *Departament de Física. Universitat Autònoma de Barcelona*

⁶ *Consejo de Seguridad Nuclear*

Corresponding Authors: pablo.martel@ulpgc.es, jsanmedx@gobiernodecanarias.org, daniel.rabago@unican.es, victoria.moreno@uab.cat, i.sicilia@ietcc.csic.es, hector.alonso@ulpgc.es, jesus.garciarubiano@ulpgc.es, alicia.tejera@ulpgc.es, luis.quindos@unican.es, borjafv@ietcc.csic.es, mgtm@csn.es, carlos.sainz@unican.es, lluis.font@uab.cat

En este trabajo se abordarán los principales objetivos y resultados del proyecto RADSIM cuyo propósito es el estudio de la viabilidad de la modelización numérica para predecir la entrada de radón en edificios y su acumulación en interiores, a partir de una caracterización detallada del terreno y una definición tipológica del edificio. El proyecto, financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear, se llevó a cabo en dos emplazamientos: el Módulo Experimental del Laboratorio de Radiación Natural (LNR) ubicado en las instalaciones de ENUSA en Saelices El Chico (Ciudad Rodrigo, Salamanca) y una vivienda situada en la isla de Gran Canaria. Los dos lugares de estudio se encuentran en zonas clasificadas de riesgo de radón, según la cartografía del Consejo de Seguridad Nuclear. Su ubicación permite, además, estudiar distintos tipos de geología (continental e islas oceánicas) y una mayor variedad de zonas climáticas.

Para el desarrollo del proyecto los dos emplazamientos fueron completamente caracterizados, en lo que se refiere a sus variables radiológicas y geotécnicas, mediante medidas directas. Además, se realizó un análisis detallado de sus características constructivas y, especialmente, de la interfase terreno-vivienda. Para ambos emplazamientos se han obtenido series temporales de concentraciones de radón en diversas estancias, abarcando distintos periodos estacionales. También se midieron de forma continua las variaciones de la concentración de radón en profundidad en el suelo.

Los datos experimentales obtenidos se utilizaron como base para la calibración y validación de dos modelos numéricos de concepciones muy diferentes: a) El modelo RAGENA, desarrollado por la Universitat Autònoma de Barcelona, que utiliza, como motor de cálculo, el software STELLA de modelización de sistemas dinámicos. RAGENA tiene en cuenta todas las fuentes de radón y los procesos de transporte que afectan a los niveles de radón en interiores mediante la resolución de un conjunto de ecuaciones diferenciales acopladas de primer orden mediante el método de Runge-Kutta de cuarto orden. El segundo modelo, desarrollado por el IETCC-CSIC, se basa en el cálculo de elementos finitos mediante el software COMSOL Multiphysics™, que permite resolver las ecuaciones diferenciales que gobiernan el transporte de radón en medios porosos, considerando los mecanismos de difusión-advección y el cambio en la concentración numérica del gas debido a la generación y decaimiento. También incluye la contribución de la exhalación de radón a través de los materiales de construcción. La calibración de los modelos se realizó, en una primera aproximación, con los datos obtenidos en un experimento de acumulación de radón en una urna sellada con condiciones muy controladas (caracterización radiológica de los elementos y condiciones ambientales). Para la calibración definitiva se utilizaron los datos experimentales del emplazamiento de Saelices. En la fase de validación, los modelos calibrados se utilizaron para la predicción de las concentraciones de radón en el emplazamiento de Gran Canaria y para la valoración de la efectividad de distintas acciones de remedio.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 40

Metodología para la identificación de áreas de riesgo de radón basada en información geológica y mapas de radiación gamma terrestre en las Islas Canarias.

Author: Jesús García Rubiano¹

Co-authors: Alicia Tejera¹; Ana Arriola-Velasques¹; Claudio Briones²; Eduardo González-Díaz³; Héctor Alonso¹; Javier Jubera⁴; Jesus Oláiz⁴; Juana Teresa Santana⁴; Natalia Rodríguez-Brito⁴; Neus Miquel¹; Pablo Martel¹

¹ *Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.*

² *Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna*

³ *Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna*

⁴ *Servicio de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias*

Corresponding Authors: jsanmedx@gobiernodecanarias.org, nrodbrb@gobiernodecanarias.org, hector.alonso@ulpgc.es, egonza@ull.edu.es, cbriones@ull.edu.es, jesus.garciarubiano@ulpgc.es, jjubper@gobiernodecanarias.org, alicia.tejera@ulpgc.es, ana.arriola101@alu.ulpgc.es, neus.miquel@ulpgc.es, jolagut@gobiernodecanarias.org, pablo.martel@ulpgc.es

En este trabajo se presentan los mapas de riesgo de exposición al radón de las Islas Canarias resultantes del proyecto colaborativo de los Laboratorios y Servicio de Calidad de la Construcción del Gobierno de Canarias con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria titulado “Propuesta de una nueva zonificación para predecir el nivel de riesgo derivado de la presencia de concentraciones de radón en el interior de los edificios”, en el que también han participado investigadores de la Universidad de La Laguna.

La entrada en vigor de la Sección HS-6 del Documento Básico de Salubridad del Código Técnico de la Edificación, así como el Reglamento sobre protección de la salud frente a los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, refuerzan la necesidad de identificar con precisión las áreas de riesgos para aplicar de forma eficiente las medidas de mitigación en viviendas y lugares de trabajo. La geología de Canarias, debido a su origen volcánico, es altamente heterogénea, lo que dificulta la identificación de zonas propensas al radón. Esto obliga a realizar campañas con mayor densidad de muestreo para delimitar con mayor precisión aquellas zonas con mayor riesgo de emanación de radón.

Los mapas de riesgo de exposición al radón que se proponen para las Islas Canarias se basan en la combinación de información geológica obtenida de mapas litoestratigráficos y mapas de radiación gamma terrestre (TGR) de una campaña con alta densidad de medidas tomadas a 1 m sobre la superficie del suelo. Para el diseño de estas campañas se ha establecido una cuadrícula de 3x3 km de tamaño de celda, con una distribución homogénea y en función de la densidad de población de cada celda. Para la elaboración y validación de los mapas se han realizado más de mil medidas de concentración de actividad de radón indoor (IRC) mediante detectores pasivos CR-39. Para la homogeneización de las medidas de IRC, se ha definido el “recinto característico de medida” (para cada una de las tipologías de edificio estudiadas) como la estancia habitable situada en la planta más próxima al terreno sobre rasante, (preferiblemente en planta baja, y nunca superior a planta primera) que cumpla con las condiciones de habitabilidad exigibles y que esté habitada durante el periodo de exposición.

Los mapas obtenidos permitirían una posible reclasificación de determinados municipios del archipiélago según su nivel de riesgo, o bien, la posibilidad de delimitar diferentes áreas homogéneas de riesgo de exposición de radón dentro de un mismo municipio, o áreas homogéneas supramunicipales, que se adapten de forma más precisa a la situación real del archipiélago.

Diagnóstico y remediación / 41

Soluciones constructivas de mitigación de radón y perspectivas

Author: BORJA FRUTOS VAZQUEZ¹

¹ *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC)*

Corresponding Author: borjafv@ietcc.csic.es

En las últimas décadas se han venido estudiando y aplicando distintas técnicas constructivas de mitigación de radón. Estas soluciones tienen como fin reducir las concentraciones interiores por debajo de los umbrales marcados por las distintas normativas. Analizando las experiencias pasadas nos encontramos con 3 grupos de estrategias. La primera busca despresurizar el terreno de asiento para crear una zona de extracción y evacuación del gas al exterior. Se trata de una técnica muy efectiva pero que requiere conocimientos altos en mecánica de fluidos. En segundo lugar, se sitúa la técnica de barrera que persigue dotar de mayor resistencia frente al paso de radón a los elementos constructivos sobre los que se aplique y que estén en contacto con el terreno. Y, por último, la estrategia de ventilación. Una técnica empleada de forma habitual para diluir concentraciones de cualquier contaminante que ya se encuentre presente en el interior.

Estas 3 estrategias pueden ser aplicadas tanto en obra nueva, a nivel de proyecto, o en obra construida. El grado de efectividad de las mismas depende enormemente de un buen diseño y dimensionado,

aspectos que deben tenerse en cuenta especialmente en edificios construidos, mediante estudios detallados de caso y análisis de viabilidad de implementación.

En esta comunicación se profundiza en las singularidades de las técnicas y se identifican las necesidades para su cálculo y dimensionado, tales como los protocolos de diagnóstico, técnicas de inspección u obtención de parámetros. Así mismo se discute acerca de las perspectivas futuras y estudios novedosos que surgen en el campo de la mitigación mediante soluciones constructivas.

Diagnóstico y remediación / 42

Proyecto RADSIM: Aplicabilidad de los modelos de simulación para el estudio de hipótesis y propuestas de mitigación de radón. Aplicación a un caso real.

Author: MARIA ISABEL SICILIA AGUILAR¹

Co-authors: Alicia Tejera²; Borja Frutos³; Carlos Sainz⁴; Daniel Rábago⁴; Héctor Alonso²; Jesús García Rubiano²; Juana Teresa Santana⁵; Lluís Font Guiteras⁶; Luis Quindós⁷; Marta García-Talavera⁸; Pablo Martel²; Victoria Moreno⁶

¹ Universidad de Cantabria / Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)

² Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

³ Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

⁴ Laboratorio de Radiactividad ambiental, Universidad de Cantabria (LaRUC) (Santander, España)

⁵ Universidad de las Palmas de Gran Canaria

⁶ Departament de Física. Universitat Autònoma de Barcelona

⁷ Universidad de Cantabria

⁸ Consejo de Seguridad Nuclear

Corresponding Authors: victoria.moreno@uab.cat, mgm@csn.es, lluis.font@uab.cat, hector.alonso@ulpgc.es, jesus.garciarubiano@ulpgc.es, alicia.tejera@ulpgc.es, i.sicilia@csic.es, pablo.martel@ulpgc.es, carlos.sainz@unican.es, daniel.rabago@unican.es

Proyecto RADSIM: Aplicabilidad de los modelos de simulación para el estudio de hipótesis y propuestas de mitigación de radón. Aplicación a un caso real.

I. Sicilia^{1,2}, B. Frutos¹, Ll. Font³, H. Alonso⁴, J.T. Santana⁴, J. G. Rubiano⁴, C. Sainz⁵, L. Quindós⁵, D. Rábago⁵, M. García-Talavera⁶, P. Martel⁴, V. Moreno³, A. Tejera⁴

1 Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Spain.

2 Universidad de Cantabria, Spain.

3 Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.

4 Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

5 Laboratorio de Radiactividad Ambiental LaRUC. Universidad de Cantabria, Spain.

6 Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Spain.

Correspondent Author: Isabel Sicilia. i.sicilia@ietcc.csic.es

La aplicación de técnicas de reducción de radón sobre edificios construidos supone un desafío para la determinación de su diseño, efectividad y alcance. En ellas influye, además del terreno y sistemas constructivos, el estado del edificio y sus condiciones de uso. En el presente estudio, perteneciente al proyecto financiado por el CSN "Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción", se plantea la utilización de un modelo de simulación para el análisis de diferentes técnicas de mitigación sobre una vivienda singular situada en el municipio de Valsequillo (Gran Canaria). Partiendo de la monitorización de niveles de radón en la vivienda, el estudio del terreno y los patrones de uso, se realiza un modelo calibrado, capaz de reflejar el estado inicial del edificio. Este modelo permite identificar las diferentes fuentes establecidas como hipótesis de entrada de radón en la vivienda, definiendo la contribución de cada una de ellas.

Posteriormente se estudian sobre el modelo calibrado diferentes propuestas de mitigación, tales como la reducción de grietas, la instalación de una lámina antiradón y la reducción de las conexiones de la vivienda con un pozo situado en el patio principal, en el que se han detectado altas concentraciones y flujos de radón. Con ello se obtiene una primera aproximación para evaluar la efectividad de cada una de las técnicas a aplicar. Se espera poder determinar la precisión del modelo una vez se ejecuten las medidas de mitigación. Por otra parte, el estudio avanza en la estimación de parámetros relevantes para aquellos casos en los que no existen datos registrados, así como se detectan ausencias de datos (tales como los patrones de diferencias de presión entre terreno, encachado e interiores), que pudieran resultar relevantes en la monitorización de edificios en un futuro.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 43

Exposición al gas radón relacionada con la erupción del volcán Tajogaite en La Palma, Islas Canarias.

Author: Pedro Ángel Salazar Carballo¹

Co-authors: María Candelaria Martín Luis¹; Xiomara Rodríguez Duarte¹; José Luis Rodríguez Marrero ; José Miguel Lorenzo Salazar²; Antonio Catalán Acosta¹; Rayco Marrero Díaz³; Pablo González Méndez⁴; María López Pérez¹

¹ *Universidad de la Laguna*

² *Instituto Tecnológico de Energías Renovables*

³ *Instituto Geominero Español (CSIC)*

⁴ *Instituto de Productos Naturales (CSIC)*

Corresponding Authors: jlorsal@gmail.com, pabloj.gonzalez@csic.es, psalazar@ull.es, fimerall@ull.edu.es, jlr-guez@ull.edu.es, acatalan@ull.edu.es, r.marrero@igme.es, mcmartin@ull.edu.es, mlopezpe@ull.edu.es

El 19 de septiembre de 2021 comenzó la mayor erupción (volcán Tajogaite) registrada en la historia reciente de isla de La Palma. Esta erupción, que se prolongó durante 85 días hasta su finalización el 13 de diciembre de 2021, tuvo un impacto significativo en la isla, no solo provocando daños materiales y la evacuación de miles de personas, sino que también planteó preocupaciones sobre los posibles riesgos radiológicos para la salud de los habitantes de las zonas afectadas, especialmente por la liberación de gas radón, un gas radiactivo presente en los procesos volcánicos, conjuntamente con otros gases como H₂O, CO₂, SO₂ y H₂S.

Durante el período eruptivo se llevaron a cabo mediciones de radón en las áreas afectadas para evaluar el impacto de la erupción. Se instalaron 90 detectores pasivos CR-39 en viviendas y lugares de trabajo en distintas localizaciones de la isla, con un tiempo de exposición aproximado de 90 días. Adicionalmente, se utilizaron dos dispositivos portátiles RadonScout (SARAD GmbH) para la monitorización continua (frecuencia horaria) de radón en las cercanías del volcán (ca. < 4km).

Una vez finalizada la erupción, se realizó un estudio específico de la emanación de radón en suelos mediante el uso de 2 detectores SARAD RTM2200, que permitieron medir simultáneamente radón, torón y permeabilidad del suelo. Estas mediciones se concentraron en las zonas de evacuación decretadas debido a la alta concentración de gases, así como en los alrededores de los barrios de La Bombilla y Puerto Naos. En estas áreas de exclusión también se realizaron mediciones de radón en interiores de viviendas, utilizando detectores pasivos CR-39. Para complementar estos estudios, se instalaron varios detectores RadonScout y RTM2200 para monitorizar de manera continua (frecuencia horaria) los niveles de radón en distintas viviendas, locales comerciales y pozos, evaluando su relación con las principales variables meteorológicas y fenómenos de marea.

Este conjunto de mediciones permitió obtener una visión integral del impacto de la erupción del Tajogaite en los niveles de radón en La Palma y su posible riesgo radiológico para la salud de la población afectada. Todos estos resultados son analizados en detalle en el presente trabajo.

Diagnóstico y remediación / 44

La simulación como herramienta conveniente para el diagnóstico en las remediaciones frente al radón en edificación

Author: HÉCTOR RODRÍGUEZ-SOLANO SUÁREZ¹

¹ RADONSPAIN

Corresponding Author: hector@radonspain.com

Se adjunta resumen

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 45

Resultados del proyecto RADosis: Actualización de la cámara de radón de la Universidad Politècnica de Catalunya para medida de la progenie de radón y de aerosoles.

Author: Claudia Grossi¹

Co-authors: Arturo Vargas²; Lluís Font Guiteras³; Victoria Moreno³

¹ *universitat politecnica de catalunya*

² *UPC*

³ *Departament de Física. Universitat Autònoma de Barcelona*

Corresponding Authors: lluis.font@uab.cat, victoria.moreno@uab.cat, claudia.grossi@upc.edu

El Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politècnica de Catalunya dispone, entre otros, del Laboratorio de Estudios del Radón (LER). El LER cuenta con una cámara de radón, tipo STAR (Sistema para Atmósferas de Prueba con Radón), según la IEC (2009), modelo 'walking-in' y con un volumen de 21 m³. La cámara de radón del INTE-UPC está trazada con el Swedish Radiation Safety Authority y se utiliza tanto para actividades de transferencia de conocimientos, enfocadas al servicio de calibración de equipos de radón continuos e/o integradores para entidades españolas públicas y privadas, como para actividades de investigación a nivel nacional e internacional.

En el marco del proyecto RADosis (Aplicación de la ICRP 137 Parte 3 a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas), financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear, se ha recientemente actualizado la cámara de radón del INTE-UPC para medir y controlar también: la concentración de la progenie de vida corta de radón, el factor de equilibrio entre ella y el radón, su fracción libre, la concentración de partículas en el aire y su espectro dimensional. Los valores alcanzados pueden controlarse durante el tiempo que se desee y con variaciones temporales generalmente inferiores al 10%.

La cámara, por su tamaño e instrumentación disponible, permite ahora reproducir condiciones ambientales controladas de distintos lugares de trabajo. Se presentará aquí la instrumentación instalada y la metodología desarrollada.

Lugares de trabajo / 46

Resultados Proyecto RADosis: Campaña de mediciones de radón y sus descendientes en una antigua mina del Prepirineo catalán y cálculo dosimétrico de acuerdo con ICRP 137.

Author: Victoria Moreno¹

Co-authors: Lluís Font²; Claudia Grossi³; Arturo Vargas⁴

¹ *Universitat Autònoma de Barcelona*

² *UAB*

³ *universitat politecnica de catalunya*

⁴ *UPC*

Corresponding Authors: claudia.grossi@upc.edu, victoria.moreno@uab.cat

En el marco del proyecto RADosis, sobre la aplicación de la ICRP 137 Parte 3 a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas, se ha llevado a cabo un estudio piloto de la estimación dosimétrica en una antigua mina del Prepirineo catalán, ahora convertida en museo. El estudio consiste en la realización de medidas en continuo de la concentración del gas radón y de sus descendientes, así como de la concentración de aerosoles, con el fin de determinar los factores de conversión a dosis mediante dos métodos distintos: (a) utilizando la ecuación recomendada en la ICRP137 [1] y (b) mediante el programa de cálculo desarrollado en este proyecto [2], que es una actualización del código desarrollado por Nikezic y Yu [3] basado en el modelo dosimétrico del tracto respiratorio desarrollado por ICRP [4]; y poder compararlos con los especificados en la ICRP137. Los distintos monitores utilizados (AlphaGUARD con AlphaPM de Bertin gmbh, EQF3220 de SARAD, BWLM-PLUS-2S de Tracerlab y 3007 CPC de TSI) han sido previamente caracterizados de forma exhaustiva en la atmósfera controlada de la cámara de radón del INTE [5]. Las medidas obtenidas en la antigua mina muestran variaciones significativas de los distintos parámetros analizados en función del uso de la ventilación forzada, pudiéndose distinguir hasta tres escenarios distintos, dependiendo de si existe o no inversión térmica con el exterior de la mina. Concretamente, cuando la ventilación forzada está en funcionamiento, los niveles de radón son del orden de los 1000 Bq/m³ y aumentan hasta más de 10000 Bq/m³ al apagarla. En el caso de la concentración equivalente en equilibrio (EEC) y de la concentración de partículas también varían entre 500 y 3500 Bq/m³ y entre 100 y 11000 partículas/cm³, respectivamente. Los valores medios del factor de equilibrio (F) y de la fracción libre (f) varían en los rangos [0.13–0.50] y [0.17–0.50], respectivamente. A partir de estos datos se han obtenido unos coeficientes de conversión a dosis con los dos métodos mencionados y para cada uno de los escenarios identificados en la mina-museo, los cuales pueden diferir de forma significativa respecto al valor recomendado por la ICRP137, correspondiente al caso de únicamente conocerse la concentración del gas radón. Esto pone de manifiesto la necesidad de realizar medidas detalladas de las concentraciones de los descendientes del radón.

[1] ICRP, 2017. Occupational intakes of radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4).

[2] Vargas, Arturo. Metrología y dosimetría de los descendientes del radón. Presentación en este workshop.

[3] Nikezic, D., and Yu, N. K., 2001. Microdosimetric calculation of absorption fraction and the resulting dose conversion factor for radon progeny. Radiat Environ Biophys 40, 207–211.

[4] ICRP, 1994. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24(1/3).

[5] Grossi et al. Resultados del proyecto RADosis: Actualización de la cámara de radón de la Universidad Politècnica de Catalunya para medida de la progenie de radón y de aerosol. Presentación en este workshop.

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 47

Transferencia de radón en los lixiviados de suelos contaminados con fosfoyesos.

Authors: Cristina Trull Hernandis¹; Marta Ramos-Rey¹; Héctor Moreno-Ramón²; Antonio Lidón³; Belén Juste¹; María Sancho¹

¹ *Instituto Universitario de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM), Universitat Politècnica de València*

² *Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València*

³ *Instituto Universitario de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València*

Corresponding Author: critruhe@upv.es

Los fosfoyesos son un residuo que se origina en la industria de fertilizantes durante el procesado de rocas fosfóricas en la fabricación de ácido fosfórico. Este proceso de producción concentra en los residuos la cantidad de radionucleidos contenida inicialmente en las materias primas, obteniéndose subproductos con mayor actividad. Una de las alternativas de gestión de los fosfoyesos consiste en almacenarlos y contenerlos en zonas que actúan de depósitos para evitar su dispersión. La acumulación descontrolada de fosfoyesos puede generar impactos ambientales, como la contaminación de suelos y aguas, la emisión de polvo y la alteración de los ecosistemas. La desintegración de los elementos radiactivos presentes en los fosfoyesos libera radón, un gas noble radiactivo capaz de transportarse a través de los terrenos o disuelto en las aguas que se encuentren en contacto. La principal vía de exposición al radón es la inhalación ya que tiende a acumularse en espacios cerrados. Esta exposición al gas radón supone un riesgo para la salud y está identificada por la OMS como la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón en el mundo. Por ello, es necesario evaluar y definir los procesos de transporte asociados al radón que puedan derivar en exposiciones potenciales para la población.

La disposición de los fosfoyesos al aire libre posibilita que entren en contacto con las aguas de lluvia, en donde el radón podría disolverse y transportarse. Con el fin de contribuir a determinar el impacto que tienen los fosfoyesos sobre el entorno y definir el transporte de radón que pueda darse en las aguas en contacto, el presente trabajo se centra en el estudio del radón en lixiviados de suelos que contienen fosfoyesos. Para ello se estudia la lixiviación de tres tipos de suelos de distinta textura en tres configuraciones distintas: una primera configuración que incluye únicamente el suelo en ausencia de fosfoyesos (que servirá como blanco), una segunda configuración en donde se homogeneiza el suelo con una fracción de fosfoyesos conocida y una última configuración en la se deposita sobre la superficie del suelo una capa de fosfoyesos.

Con ello, el estudio de las concentraciones de radón en los lixiviados de las diferentes disposiciones de suelo y fosfoyesos analizadas permitirá conocer los potenciales niveles de exposición asociados a estos residuos y así estar en posición de definir las medidas de control y mitigación pertinentes en zonas que cuentan con balsas de fosfoyesos.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por los proyectos “Estudio de la transferencia de radón a través de distintos medios (suelo, agua y aire). Aplicación para la protección de la población y de profesionales expuestos (PAID-11-23)-UPV y Desarrollo de metodologías de prevención y de modelos de dosimetría interna para las radiaciones ionizantes relacionadas con materiales NORM (MEMO RADIÓN) (IDIFEDER/2018/038)-Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER.

Efectos sobre la salud / 48

Efectos moleculares del radón en cáncer de pulmón. Proyecto Radón ATLAS.

Efectos sobre la salud / 49

Otros efectos del radón diferentes al cáncer de pulmón.

Lugares de trabajo / 50

La problemática del radón en las cuevas turísticas españolas

Metrología de radón e instrumentos de mapeo / 51

Accreditación de los laboratorios que realizan control de radón en aire.

Author: Belén Villamiel Valdío^{None}