

# COMO REDUCIR OU EVITAR A CONTAMINACIÓN POR RADON EN EDIFICIOS E VIVENDAS

Xoán Miguel Barros Dios\*

Neste artigo, preséntase un pequeno número de técnicas, as máis acaídas e de fácil realización coas tecnoloxías actuais, para introducir na construción ou na rehabilitación de vivendas e edificios que teñen demostrado sobradamente a súa eficacia e eficiencia, é dicir, a súa capacidade para resolver a contaminación por radon interior e a un custo económico baixo, a maioría das veces.

O cancro de pulmón é dos máis letais. Ademais dunha elevada incidencia, entre o 12 e o 16% dos casos, ofrecen unha esperanza de supervivencia de 5 anos logo de ser diagnosticado. Isto débese, sobre todo, a que a maioría dos casos se diagnostican nunha fase avanzada da enfermidade.

O cancro de pulmón ten etioloxía multifactorial. O seu principal factor de risco é o hábito tabáquico, seguido da exposición ao gas radon ( $Rn^{222}$ ) que contamina vivendas e edificios. Atribúese ao tabaco o 79% dos casos en homes e o 47% nas mulleres. O radon é a segunda causa deste cancro e a primeira en persoas que nunca foron fumadoras. Trátase dun gas incoloro, inodoro e insípido que aparece na cadea de desintegración do uranio 238 ( $U^{238}$ ), directamente a partir do radio ( $Ra^{226}$ ). O radon emite partículas alfa radioactivas (formadas por dous neutróns e dous protóns) que son núcleos de helio ( $He^4_2$ ) que, ao chocaren nas células do epitelio pulmonar poden causar alteracións xenético-moleculares e finalmente provocar cancro.

O  $Rn$  ten unha vida media de 3,8 días. A concentración deste gas nas vivendas depende fundamentalmente do contido en uranio e radio do substrato xeolóxico sobre o que se asentan, aínda que existen outros factores da vivenda que poden influír nos niveis de radon, como son a antigüidade, o tipo de construción, os materiais empregados, a altura da vivenda ou os hábitos de ventilación dos seus ocupantes.

As primeiras evidencias da relación entre cancro de pulmón e exposición a radon, proceden das análises realizadas en mineiros, que foron seguidas por estudos de casos e controis nos que xa se cuantificou a asociación entre radon

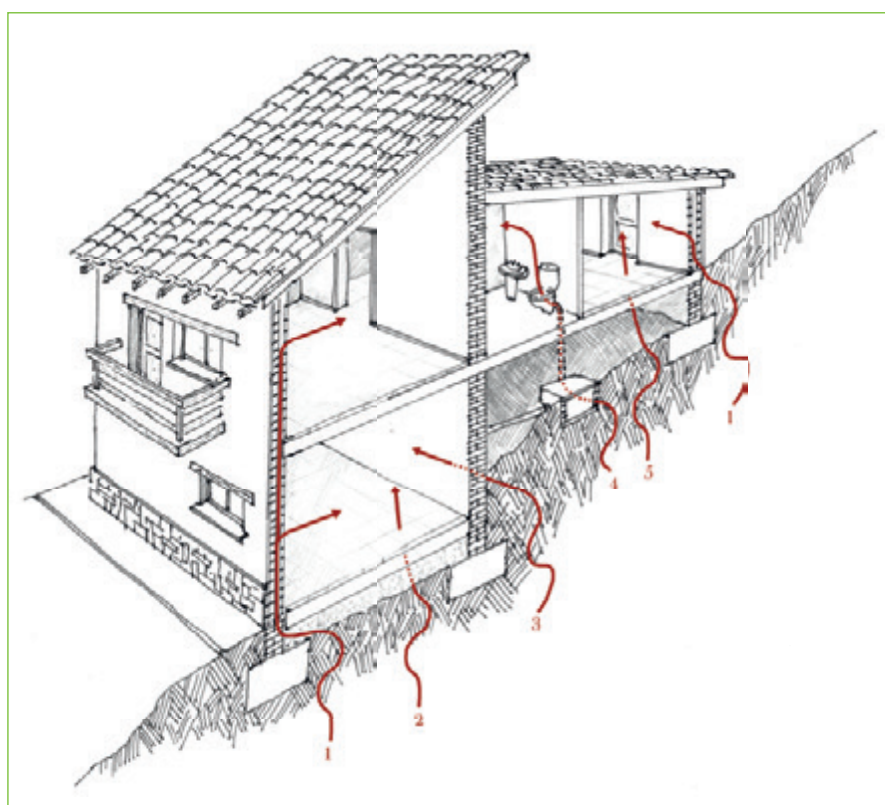


Gráfico 1: Exhalación do gas radon, procedente do radio-226 presente nas rochas do subsolo, ricas en uranio-238. As vías de penetración aos edificios son múltiples: cámaras de aire, fendas do formigón ou cemento da soleira, conducións sanitarias, eléctricas, etc, e aeorosos das augas de pozos en duchas e baños.

residencial e o risco de cancro pulmonar. Ditos estudos levaron á Axencia Internacional de Investigación sobre o Cancro (IARC) e á *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos a clasificalo como canceríxeno humano. A EPA aconsella que non se superen concentracións superiores aos 148 becquerels por metro cúbico ( $Bq/m^3$ ) e a Organización Mundial da Saúde (OMS) ten rebaxado recentemente a recomendación a  $100 Bq/m^3$ , baseándose nos *pooling-studies* de 2005, estudos conxuntos dos mellores casos-contróis europeos e americanos. Os últimos datos

do Mapa de Radon de Galiza<sup>1</sup> indican que o 18,5% das 3.065 vivendas medidas até finais de 2012 superan os  $200 Bq/m^3$ , polo que estamos nunha zona de elevada exhalación de radon. Para máis detalles sobre o radon remito a un anterior artigo de CERNA (nº 62)<sup>2</sup>.

## ESTRATEGIA FRONTE Á ENTRADA DE GAS RADON NAS CASAS

Dado que o radon se cola nas vivendas e edificios a través dos seus alicerces, procedente do subsolo no que se asentan (Gráfico 1) e que a cantidade depende, entre outras causas, da estirpe

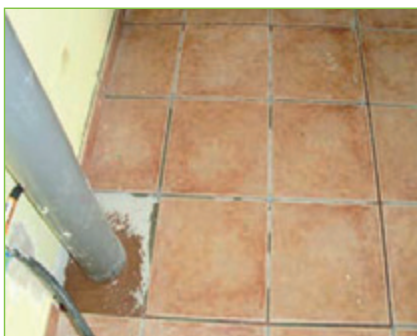


Gráfico 2. Construción dunha arqueta de succión co seu rematado final, onde destaca a cheminea de tubo de PVC que arranca da arqueta por baixo do solo da casa e sobe até o tellado, disimulada por tras dun estante de obra. Caso real de domicilio en Pontevedra medido antes e despois polo Laboratorio de Radon de Galicia.

xeolóxica das rochas presentes no solar de interese, semella sinxelo reducir a entrada dese gas: evitando a súa entrada por todas cantas vías atope. Así, desde a porosidade da soleira e do forxado sanitario, polos os circuítos dos cabos ou conductiones de electricidade, auga e saneamento, calefacción, etc., o gas é quen de concentrarse nas pezas baixas dos edificios: sotos, garaxes con pouca ventilación ou baixos. Desde aquí, vai ascendendo co aire, pese a ser máis pesado ca el. As escaleiras e ocios dos ascensores, as conductiones de calquera tipo (cabos eléctricos, de calefacción, auga, etc.) son os camiños que utiliza o gas para subir até os andares superiores das casas, que aínda que adoitan ter niveis máis baixos de radon que os inferiores, non resulta infrecuente atopar concenteracións máis altas nun primeiro ou segundo andar que nun soto ou nun baixo. E por último, algo no que nunca se repara: as cámaras de aire das paredes son tamén bos vehículos de transmisión do gas.

Polo tanto, toda a estratexia anti-radon, seguindo á OMS<sup>3</sup>, consiste en evitar a entrada do gas ao edificar a casa (a chamada *prevención de radon*), ou, unha vez construída, botar fóra o gas na maior proporción que sexa posíbel (a *mitigación* ou *redución de radon*).

## PROPOSTAS DE SOLUCIÓN

Podemos sintetizar as medidas fronte ao radon, tanto residencial como laboral, en dúas estratexias:

1. Facilitarlle ao radon unha vía de escape para disuadilo da súa penetración nos edificios.

2. Estancar o paso do gas con barreiras impermeábeis situadas en todo elemento construtivo que estea en contacto co terreo.

Ao primeiro grupo pertencen as seguintes técnicas:

- a) *Despresurización* ou extracción, que consiste en reducir o radon interior dun edificio extraendo o aire existente no seu subsolo e, por tanto tamén, nas pezas inferiores (soto, garaxe, baixo); ben pasivamente, ben activamente, con extractores, habitualmente eléctricos.
- b) *Presurización*, caracterizada por introducir aire a presión nese subsolo para arrastrar o aire contaminado polo gas até as aberturas practicadas convenientemente aos costados da casa ou no tellado, evitando así o seu paso a zonas altas do edificio.

Ás técnicas do segundo grupo pertencen as barreiras anti-radon, a base de materias plásticas impermeábeis ao radon, como certas moléculas de polietilenos (Monarflex®)<sup>4</sup> ou algúns produtos de impregnación anti-humidade que se anuncian tamén con capacidade de impediren o paso do gas (EPONAL 336, de Bostik)<sup>5</sup>.

O arquitecto Borja Frutos, o maior coñecedor en España destes sistemas, ten realizado a súa tese doutoral sobre



Gráfico 3: Extracción do aire do subsolo nunha casa. A cheminea arranca dunha arqueta de succión escavada por baixo do soto ou do andar máis baixo do edificio e ascende ben polo interior, ben polo exterior como é o caso na fotografía, até o tellado.



este tema, demostrando a eficacia de varios deles. Disto deixou constancia nas conferencias ditadas conxuntamente co seu director de tese, Manuel Olaya<sup>6</sup>, nos cursos de formación sobre radon que tivemos a honra de dirixir no seo da USC e cuxas presentacións poden ser consultadas no web do Laboratorio de Radon de Galicia, no apartado de "*Materiais de formación*" e dentro do Curso de Formación de 2010.

Neste simposio presentan a proposta ao Ministerio de Fomento cara a redacción do próximo Código Técnico de Edificación (CTE), na que os autores teñen demostrado a eficacia e eficiencia da despresurización, tanto activa como pasiva e, á súa inversa, a presurización. Nos gráficos 2 e 3, obsérvase o fundamento das dúas técnicas e o funcionamento do sistema de arqueta de succión que extrae ou introduce o aire, con extractor (forzando a dinámica do aire do subsolo) ou sen el, pasivamente. Nos dous casos, faise a través da cheminea de ventilación dirixida ao tellado ou, ás veces, a unha parede lateral, e sempre por riba das fiestras da casa.

A proposta de Frutos e Olaya supón a clasificación do territorio segundo a porcentaxe de contaminación potencial por radon das casas dunha zona. Así, en colaboración co CSN, cuxos mapas potenciais (Gráfico 4) establecen tres categorías de risco (Gráfico 5), indican-

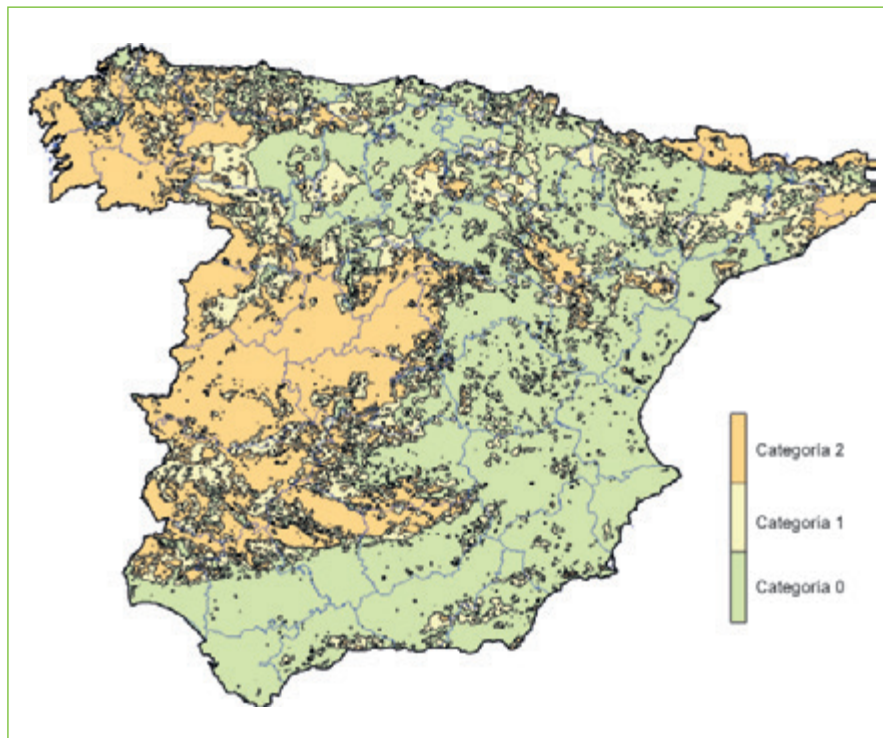


Gráfico 4: Mapa de contaminación potencial por radon coa clasificación por niveis de risco do territorio español. Consello de Seguridade Nuclear. Fonte: Martín-Matarranz JL. El proyecto MARN. Ampliación del Mapa de Radón. Proyecto 10 x 10 del CSN. Relatorio do Curso de Formación Continua "El radón: exposición de riesgo para la salud. Soluciones para su reducción". USC, 2010. <http://www.usc.es/radongal/documcursoradon2010/Dia%204/JLMatarranz1.pdf>

se as actuacións requiridas (ver diagrama no Gráfico 6).

A categoría 0 corresponde ao nivel "baixo", con menos de 150 Bq/m<sup>3</sup> de media, e polo tanto con menos do 5% de casas que superan os 200 Bq/m<sup>3</sup>. Este tipo de terreo non esixe ningunha actuación, agás se está claramente fracturado e favorece a saída do gas desde o subsolo. Daquela, e dependendo do nivel previsíbel atopado (pódense facer medidas de radon a 80 cm de profundidade no solo) habería que limitarse a poñer membranas impermeábeis ou sistemas de succión, se as concentracións son máis altas.

No nivel 1, ou categoría "media", aplícase o mesmo procedemento en terreos entre os 150 e os 200 Bq/m<sup>3</sup>, actuando despois de que o estudo do solar indique se hai ou non fractura. Se o solo está fracturado, imporíanse os sistemas de extracción ou de presurización, ficando só as membranas no caso contrario.

Por último, o nivel 2 ou "alto" de contaminación potencial, corresponde a solos que contan con máis de 200 Bq/m<sup>3</sup> nunha grande proporción de casas (máis dun 10%) onde se debería construír "a proba de radon" con barreiras anti-gas e con arquetas de succión.

Na súa investigación, Frutos e Olaya, teñen acadado reducións do 99% do radon interior dun módulo experimental construído en Saelices "El Chico", provincia de Salamanca, onde tamén está situada a cámara de radon para as intercomparacións e calibracións dos laboratorios que traballamos neste campo. Este módulo está enriba dunha antiga mina de uranio de ENRESA onde se acadan niveis superiores aos 39.000 Bq/m<sup>3</sup> no soto, e aos 6.000 Bq/m<sup>3</sup> no andar superior. Partindo destas concentracións, ditos autores conseguiron reducións de radon do 92% ao 99% segundo as diferentes técnicas aplicadas, tanto no soto como no andar superior:

1. Extracción desde forxado sanitario (soto: 74% e 1º andar: 96%).
2. Extracción natural con arqueta central (96% e 91%). Dá mellor resultado que a arqueta lateral (58% e 53%).
3. Extracción forzada con arqueta central e extractor de 80W (99% e 93%). Acada as mesmas porcentaxes de redución que a forzada lateral de igual potencia.
4. Presurización ou inxección de aire no subsolo da casa, con arqueta central (99% e 94%).



## CSN Proposta de regulación do CSN Código Técnico da Edificación

CATEGORÍA	EXPOSICIÓN POTENCIAL	TAXA EXPOSICIÓN ( $\mu\text{R/h}$ )	CONC. $^{226}\text{Ra}$ ( $\text{Bq/kg}$ )	TAXA EXHALACIÓN ( $\text{Bq/m}^2\cdot\text{s}$ )	CONC. $^{222}\text{Rn}$ ( $\text{Bq/m}^3$ )
0	BAIXA	<7,5	<37,5	<0,053	<150
1	MEDIA	7,5–10	37,5–50	0,053–0,070	150–200
2	ALTA	>10	>50	>0,070	>200

Gráfico 5: Proposta para incluír no Código Técnico de Edificación coas tres categorías de risco identificadas no territorio español, a partires do MARNA (Mapa de Radioactividade Natural), e que clasifica as diferentes áreas xeográficas en función da contaminación por radon media. Fonte: Martín-Matarranz JL: "Principales recomendaciones de protección radiológica frente a la radiación natural. Presentación no Curso de Verán: El gas radón como factor de riesgo ambiental para la salud humana". USC, Noia-2008. [http://www.usc.es/radongal/actualizacions/6\\_recomendaciones\\_proteccion.pdf](http://www.usc.es/radongal/actualizacions/6_recomendaciones_proteccion.pdf)

### 5. Barreira anti-radon con membrana elastomérica (96% e 94%).

Esta última técnica, probada con materiais habitualmente utilizados no noso medio na construción, como son os poliuretanos (mesturas de isocianato e polioliol), ten acadado unha eficacia importante. Moito mellor que algúns produtos comercializados especificamente como impermeábeis ao radon, que só dan resultado con concentracións interiores de radon menores aos  $500 \text{ Bq/m}^3$ . O produto só ten de cumprir unha condición: que a mestura de ambas as dúas substancias debe ter unha densidade dez veces superior á que se adoita utilizar fronte ás humidades. E, por suposto, débense cumprir sempre as condicións de protección laboral ao realizar a proxección en paredes ou superficies, dados os seus efectos tóxicos, que o *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (INSHT) ten establecidas hai tempo.

### CASOS PRÁCTICOS

Cando se mide a concentración de radon nunha casa e se obteñen niveis altos, moita xente pregunta se hai algunha solución. E sempre respondemos o mesmo: sempre hai solución. Poderá ser máis ou menos complexa, mais sempre hai solución, e as máis das veces ben sinxela.

O caso do Gráfico 2 corresponde a un domicilio do casco pontevedrés, medido dúas veces polo noso laboratorio: a primeira, en febreiro de 2009, deu  $1.451 \text{ Bq/m}^3$ , e a segunda, en setembro de 2010, despois da intervención construtiva dunha arqueta de succión, foi de  $46 \text{ Bq/m}^3$ . Cun simple sistema de extracción na zona do problema, debaixo da grande escaleira de granito dunha casa de labranza típica galega, a redución foi do 96,8%.

Outro exemplo da nosa experiencia profesional en medir e reducir radon é o

dunha casa de Lugo. En 2009, obtivemos dúas medidas de  $717$  e  $805 \text{ Bq/m}^3$  que requiriron unha extracción forzada con arqueta de succión, que rebaixou os niveis até os  $146$  e  $225 \text{ Bq/m}^3$ , o que supón reducións do 79,6% e do 72,1%.

Nas inmediacións da Coruña, unha casa lindante co monte nunha das súas paredes, amosou unha altísima concentración de  $2.414 \text{ Bq/m}^3$ . A intervención recomendada foi tripla. Primeiro, houbo que separar a parede da casa uns 15 ou 20 cm do monte, coa precaución de construír un muro de contención da terra circundante. En segundo lugar, houbo que extraer á forza o aire desapeza a través dun burato de ventilación cun extractor. E, por último, impregnáronse as paredes do cuarto con poliuretano de alta densidade. A concentración de radon pasou a ser de  $306 \text{ Bq/m}^3$ , o que supón unha redución do 87,3%. Lembremos que o nivel límite legal para casas xa construídas segue a ser de  $400 \text{ Bq/m}^3$ , por máis que moitos sigamos a loitar polos  $200 \text{ Bq/m}^3$  que se atribúen para as casas de nova construción.

Outras dúas actuacións que convén salientar corresponden a sendas institucións públicas de Santiago de Compostela das que omitiremos referencias. A primeira, corresponde a un primeiro andar dun edificio histórico no casco vello compostelán. En 2009 atopamos nel uns niveis de radon de  $606$  e  $597 \text{ Bq/m}^3$ , que por medio de presurización se rebaixaron até os  $258$  e os  $230$



**EQUIPAMENTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**  
**ALBERGUE DE ECOTURISMO**  
**ACTIVIDADES PARA A EDUCACIÓN AMBIENTAL E A SOSTIBILIDADE**

BREANCA – DOROÑA  
15615 VILARMAIOR (Pontevedra)  
A CORUÑA  
info@alvarella.com  
www.alvarella.com  
Tfnos.: 648 925 134  
981 784 563



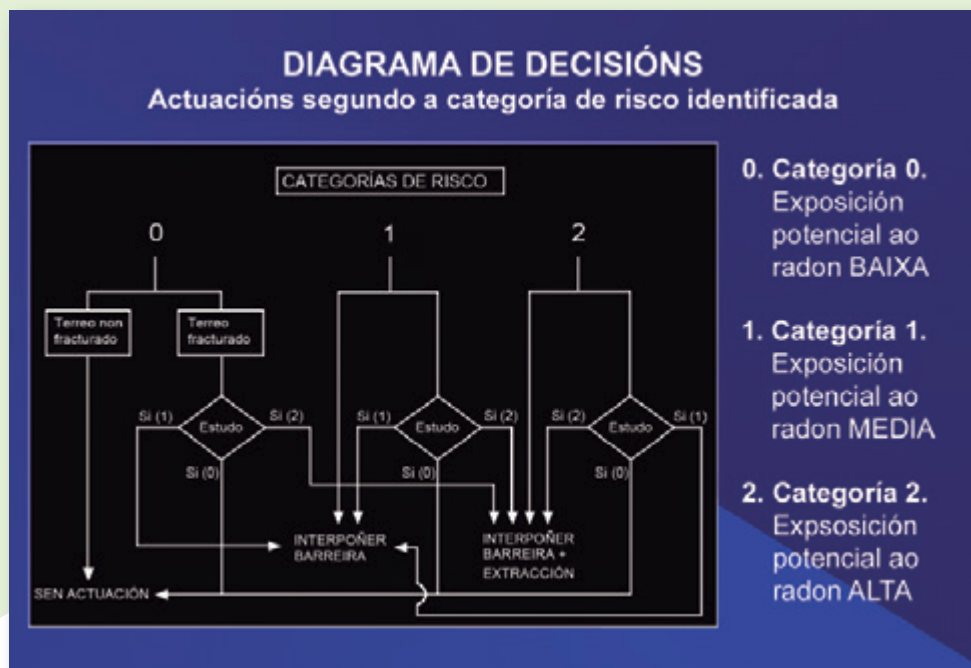


Gráfico 6: Árbore de decisión na actuación construtiva á hora de reducir o radon nas casas segundo a proposta do "CSN-Instituto para la Construcción Eduardo Torroja".

Bq/m<sup>3</sup>, acadando un descenso dos niveis do 57,4% e do 61,5%.

A outra institución, trátase dun edificio de grandes dimensións, no que atopamos 884 Bq/m<sup>3</sup> de media, aínda que con picos de 1.000 e de máis de 2.000 Bq/m<sup>3</sup>. A intervención realizada, moi contida polos límites que impón un edificio histórico, foi a presurización, introducindo aire ao interior do andar. O resultado provisorio rebaixou os niveis até os 452 Bq/m<sup>3</sup>, correspondente a unha diminución do 49,9%. O proceso de estudo segue aberto, e unha vez teñamos os resultados definitivos serán motivo de publicación.

## CONCLUSIÓNS

1. Galiza é una zona de alto risco de contaminación en vivendas por radon.
2. É posíbel, cunha boa planificación do territorio por parte das administra-

cións públicas (local, provincial, galega) –o que non deixa de ser pura inxenuidade–, ter claras cales son as zonas de maior risco do país, a partir de do propio Mapa Galego de Radon. Os mapas de radon son ferramentas que indican aos construtores, arquitectos e cidadáns en xeral, se deben ou non construír "a proba de radon" e con que técnicas.

3. Os niveis de risco legais para casas xa construídas seguen a ser os 400 Bq/m<sup>3</sup>, e para casas a construír, os 200 Bq/m<sup>3</sup>.
4. A única lexislación española sobre radioactividade natural é a dos ambientes laborais, para os que se ten establecido un límite de 600 Bq/m<sup>3</sup> en traballos de risco, e de 300 Bq/m<sup>3</sup> en escolas, hospitais, residencias, etc. Tamén nos lugares subterráneos ou non subterráneos de "zonas de risco"

que o CSN vén de identificar como aquelas que superen os 300 Bq (en troques dos 200 considerados até agora), os titulares das empresas deberán proceder a medir o radon nos postos de traballo e a reducir o gas se fose necesario, comunicando ao Rexistro Oficial da Comunidade Autónoma (Dirección Xeral de Industria) os resultados atopados.

Cómpre dicir que, polo de agora, non temos notificación de ningunha empresa, nin da creación de Rexistro algún, desde a publicación da normativa vixente (RD 1439/2010, e Instrución IS-33, BOE/febreiro 2012). Tamén recibimos o silencio por resposta, ante as numerosas comunicacións que a principios de 2013 temos enviado aos sindicatos, ás ANPAs do oeste peninsular, ás Deputacións provinciais galegas e a outras institucións, para informarlles da nova lexislación. Só un acuse de recibo. Os que se din dirixentes seguen a ser responsábeis desta falta de responsabilidade, que xa dura 30 anos.

### Notas:

1. ([http://www.usc.es/radongal/mapa\\_med.html](http://www.usc.es/radongal/mapa_med.html)) Acceso: 13/08/13
2. Barros-Dios XM. O gas radon nas vivendas galegas. Cerna 2010; 62:32-35.
3. World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2009.
4. <http://www.monarflex.dk/> Acceso: 20/08/13
5. <http://www.bostik.es/> Acceso: 20/08/13
6. Ambos os dous son investigadores do CSIC, no Instituto para la Construcción "Eduardo Torroja", fundación asesora desde hai moitos anos do Ministerio de Fomento, para o que teñen elaborado propostas para seren incluídas no Código Técnico de Edificación. Non obstante ficaron fóra da versión publicada en 2006, e seguen pendentes da próxima revisión.
7. [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp\\_148.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_148.pdf). Acceso: 21/08/13

\* Xoán Miguel Barros Dios é Profesor Titular de Medicina Preventiva e Saúde Pública da USC, Facultativo Especialista da Área do Servizo de Medicina Preventiva e Saúde Pública do CHUS e Director do Laboratorio de Radon de Galicia. Email: [juanm.barros@usc.es](mailto:juanm.barros@usc.es)