



RADON

Guía de recomendacións de mitigación en
vivendas existentes

Versión 1 _novembro 2018

XUNTA DE GALICIA

Índice

1.	Introdución	4
1.1	Que é o radon?.....	4
1.2	Unidades de medida	4
1.3	Niveis de referencia de concentración de radon	5
1.4	Efectos sobre a nosa saúde.....	5
1.5	O radon en Galicia	6
2.	O radon nas vivendas	8
2.1	Por onde entra o radon nas vivendas?	8
2.2	Cales son os factores que máis inflúen na concentración de radon en vivendas? 10	
2.3	Como se pode saber se a nosa vivenda está situada nunha zona de risco?	12
2.4	Obriga a lexislación a tomar medidas de mitigación ou corrección nas vivendas existentes?	13
3.	Medición de concentración de radon	15
3.1	Medición no ambiente. Tipos de medidores	15
3.2	Medición noutros medios.....	17
3.3	Proceso de medición.....	17
3.4	Recomendacións para realizar a medición	18
3.5	Garantía de calidade das medicións.....	20
3.6	Medición noutros países.....	21
4.	Mitigación ou corrección	22
4.1	Medidas diagnósticas previas á mitigación.....	22
4.2	Tipos de medidas correctivas	23
4.3	Mantemento das solucións	33
4.4	Solucións en función da concentración de radon e da tipoloxía da vivenda	34
5.	Conclusións	36
6.	Glosario de termos	37
7.	Bibliografía	39

PRÓLOGO

Unha das principais novidades do Código técnico de edificación (CTE) é a incorporación, no documento de salubridade, da sección DB-HS6 que establecerá os requisitos técnicos que deberán cumprir os edificios para a protección das persoas fronte á exposición ao gas radon. Este documento pretende dar resposta ao artigo 5 da Directiva 2013/59/ Euratom que esixe “que os Estados membros establecerán requisitos legais e un réxime apropiado de control regulamentario que, para as situacións de exposición, reflictan un sistema de protección radiolóxica baseado nos principios de xustificación, optimización e limitación da dose”.

Porén, as novas esixencias do Código técnico de edificación (CTE) e as medidas que esta normativa propoña serán de aplicación nos edificios novos e en determinados casos das rehabilitacións, de modo que os edificios xa construídos, en uso e habitados, estarían fóra do alcance desta normativa.

Por este motivo, considérase necesaria e oportuna a redacción dunha guía de actuación nas vivendas existentes que, aínda que non é de obrigado cumprimento, recolle unha serie de recomendacións e medidas de actuación para mitigar o risco de exposición ao radon.

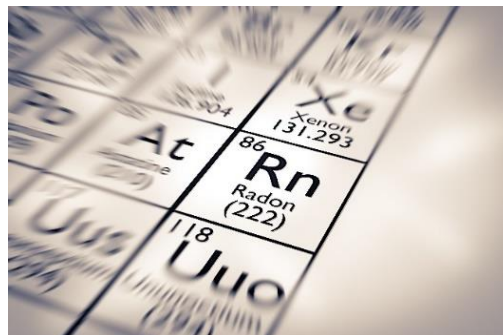
O obxectivo da parte primeira desta guía é definir unha folla de ruta dos pasos que debe dar o usuario para comprobar se a súa vivenda está en risco e as posibilidades de actuación que ten para reducir este risco.

Na parte II, “Anexo técnico”, especificanse as distintas solucións construtivas, incluído o seu custo estimado para o que se terán en conta as obras complementarias e necesarias para levala a cabo, a súa correcta execución, así como as súas vantaxes e inconvenientes, co obxecto de lle facilitar ao técnico a elección das medidas máis adecuadas a cada caso particular.

1. Introducción

1.1 Que é o radon?

O radon (Rn-222) é un gas radioactivo incoloro, inodoro e insípido que procede da desintegración radioactiva natural do uranio presente de forma natural nos chans e nas rocas, especialmente de tipo granítico. Emana facilmente do terreo e ascende entre os poros deste, ata chegar á superficie, onde pasa ao aire e onde se desintegra emitindo unha serie de partículas radioactivas.



A presenza de radon no exterior dos edificios é baixa debido a que, unha vez alcanzada a superficie, se dilúe rapidamente entre os gases da atmosfera e as súas concentracións adoitan estar comprendidas entre 5 e 15 becquerelios por m^3 (Bq/m^3). No entanto, se o radon se filtra nun espazo pechado, a súa concentración acumúlase de maneira imperceptible e pode atinxir valores comprendidos entre os 10 e os 10.000 Bq/m^3 .

1.2 Unidades de medida

A unidade de medida que se emprega para medir as concentracións de radon é o becquerelio por m^3 (Bq/m^3).

O **becquerelio** (Bq) é a unidade que mide a frecuencia de desintegración ou transformación dun núcleo radioactivo. Ou, o que é o mesmo, o número de desintegracións por segundo de átomos de radon nun metro cúbico de aire.

Tendo en conta o tempo medio de desintegración dun núcleo de radon, podemos relacionar o número de desintegracións por segundo coa concentración de átomos de radon existentes no aire.

A dose de radiación absorbida por un tecido biolóxico ou, o que é o mesmo, o dano causado polas desintegracións radioactivas depende tanto do tipo de radiación emitida polos núcleos atómicos cando se desintegran coma da súa concentración á que se atopa exposto este tecido. A unidade de dose efectiva e equivalente para a medición deste dano é o **sievert** (sv).

1.3 Niveis de referencia de concentración de radon

O Consello da Unión Europea aprobou a Directiva 2013/59/ Euratom, do 5 de decembro de 2013, pola que se establecen normas de seguridade básicas para a protección contra os perigos derivados da exposición a radiacións ionizantes, nas que lles esixen aos Estados membros adoptaren as disposicións legais, regulamentarias e administrativas para cumprir o establecido na directiva.

Consonte o establecido na citada directiva, o proxecto do Regulamento sobre protección da saúde contra os riscos derivados da exposición ás radiacións ionizantes establece un límite máximo de 300 Bq/m³ anuais nos recintos pechados, tanto para as vivendas e os lugares de acceso público coma para os lugares de traballo.

Ademais, advirte os Estados membros de que deberán incluír nos seus códigos técnicos de edificación requisitos específicos que eviten a entrada de radon nos inmobles de nova construción e que fomenten a súa redución nas vivendas existentes. Atendendo a isto, o Código técnico da edificación incorporará no seu Documento básico DB HS de salubridade unha nova esixencia regulamentaria que desenvolve na sección HS 6 (anexo II) e que denomina “Protección fronte á exposición ao radon”.

A Directiva 2013/59/ EURATOM indica que o nivel de referencia para a media anual de concentración de actividade no aire non debe superar, os 300 Bq/ m³ anuais en vivendas de nova construción e lugares de traballo, cuxa equivalencia aproximada é de 10 mSV anuais, segundo cálculos recentes da Comunidade Internacional de Protección Radiolóxica.

1.4 Efectos sobre a nosa saúde

O radon está considerado como canceríxeno pola Organización Mundial da Saúde (OMS), de acordo coa Axencia Internacional para a Investigación do Cancro (IARC).



O risco de que poidamos contraer esta enfermidade a causa do radon depende de varios factores, entre os que se atopan:

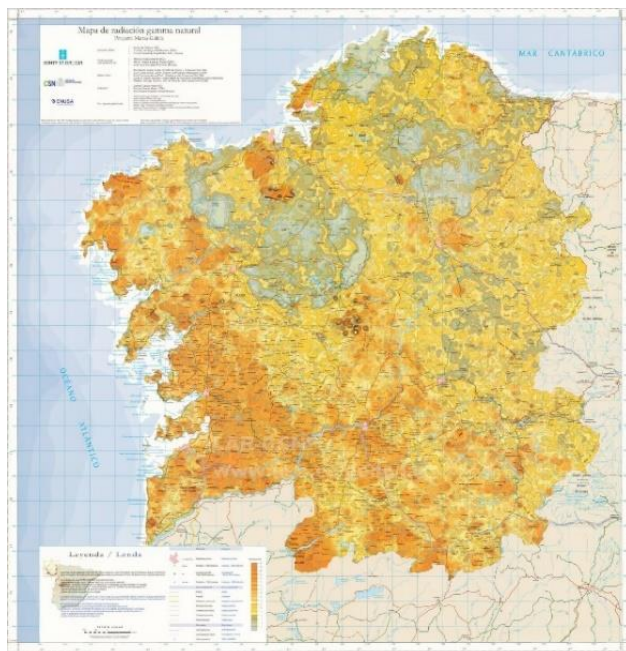
- Os niveis de gas radon existentes na nosa vivenda ou lugar de traballo.
- A cantidade de tempo que permanecemos nestes lugares.
- O feito de que sexamos ou fósemos fumadores.

O risco de padecer cancro de pulmón aumenta de maneira proporcional ao incremento da exposición ao radon e pode aumentar ata un 16 % por cada incremento de 100 Bq/m³ na concentración media de radon a longo prazo. Segundo a OMS, o radon é a segunda causa de cancro de pulmón, despois do tabaco en fumadores, e a primeira entre quen non fumou nunca.

1.5 O radon en Galicia

De acordo cos estudos realizados polo Consello de Seguridade Nuclear (CSN) plasmados no Mapa do potencial de radon, Galicia atópase entre as zonas de risco de exposición a radon da Península, xunto cunha área importante de Castela e León, Estremadura, Comunidade de Madrid, certas zonas de Castela-A Mancha, parte dos Pireneos e a zona

norte de Cataluña. Isto é debido a que na nosa comunidade existe unha grande extensión de subsolos graníticos que xeran radon debido á súa riqueza en uranio.



Se ao risco xeolóxico debido ao asentamento dunha parte importante da poboación sobre terreos graníticos lle sumamos a gran dispersión de vivendas que existe e o feito de que moitas delas son vivendas unifamiliares, nas que a concentración de radon adoita ser máis elevada debido a que teñen espazos habitables en contacto co terreo,

atopámonos cunha porcentaxe non desprezable de poboación que podería atoparse afectada.

De acordo cos estudos realizados polo CSN, poderíase dicir que o 70% da superficie da Comunidade Autónoma presenta risco de concentracións de radon, encabezando a lista as provincias de Ourense e Pontevedra , seguidas da Coruña e Lugo . Este dato non implica que a totalidade da poboación que viva en zonas con risco de exposición ao radon atópese realmente afectada. O risco límtase, fundamentalmente, ás vivendas que teñan estancias de utilización permanente en contacto co terreo ou directamente comunicadas con espazos en contacto co terreo.

2. O radon nas vivendas

2.1 Por onde entra o radon nas vivendas?

O radon pode supoñer un problema en calquera tipoloxía de vivenda, xa sexa nova construción ou vivenda existente, con correntes de aire ou ben illada, con ou sen sotos, sempre que non teñan as medidas de protección adecuadas.

Este gas, máis pesado ca o aire, difúndese facilmente desde o subsolo, onde se atopa en maior concentración, ata a atmosfera e o interior das vivendas, onde adoita penetrar por convección a través das plantas máis baixas que están en contacto co terreo. Por regra xeral, e debido que a densidade do radon é superior que a do aire, as maiores concentracións deste gas nun edificio localízanse nas plantas inferiores, como sotos e plantas baixas. En ocasións, atopáronse valores de concentracións altas en plantas superiores, cando existe unha comunicación entre plantas, debido ao tiro térmico que ascende polos condutos.

Pero cales son as posibles vías de entrada do radon nas vivendas?

- A través da soleira, xa sexa a través das xuntas de dilatación, das fisuras ou do propio formigón.
- A través da placa sanitaria, aquí o gas procedente do terreo pode acumularse na cámara de aire baixo a placa e, cando esta non ten ventilación, pode traspasar a placa e penetrar na vivenda.
- A través dos muros de soto, en vivendas soterradas ou semisoterradas.
- Polo interior das cámaras de aire en muros, onde tras penetrar nelas o radon pode moverse con facilidade e alcanzar as plantas superiores.
- Polos condutos de saneamento, debido a que estes conectan os baños, os aseos e as cociñas coas arquetas da rede horizontal de distribución, situada xeralmente baixo a soleira.

Vías de entrada de radon en vivendas

1. Polo interior da cámara de aire.
2. A través da soleira.
3. A través dos muros en contacto co terreo.
4. Polos condutos de saneamento.
5. A través da placa sanitaria.
6. Polas gretas da planta superior.



Outras vías de entrada

Ademais da infiltración de gases do chan por diferenza de presións, como ocorre nos casos mencionados anteriormente, o radon tamén pode chegar ás nosas vivendas a través das emanacións procedentes dos materiais de construción ou a través da auga de pozos ou mananciais. Porén, en ambos os casos as concentracións de radon son insignificantes.

Polo xeral, os materiais de construción non supoñen un risco, posto que as pedras de granito empregadas na construción teñen unha capacidade de liberar radon dez veces inferior á que ten o chan. De feito, as achegas coas que estes materiais contribúen na concentración de radon nas vivendas estímense soamente entre 10 e 20 Bq/m³.

Doutra banda, o radon presente na auga potable procedente de fontes subterráneas como pozos ou mananciais pode pasar ao aire dos espazos interiores, e cómpre salientar que é máis importante a cantidade de radon que se inhala ao respirar que a que se inxire ao beber. Gran parte do risco que se xera na auga provén das emisións de gas no aire

cando usamos a auga de duchas ou cando realizamos as tarefas domésticas. Estímase que, nos sistemas públicos de abastecemento de augas, a concentración media de radon oscila entre 0,4 Bq/l e 20 Bq/l, dependendo de se a auga procede de fontes superficiais ou subterráneas. A OMS e a Comisión Europea consideran que por debaixo de 100 Bq/l non é necesario realizar controis en abastecementos públicos.

Por tanto, podemos afirmar que o radon procedente do subsolo sobre o que se atopa construída a vivenda, entra nas vivendas atravesando soleiras, placas ou muros por calquera fisura ou greta que haxa no chan, por pequena que esta sexa. Do mesmo xeito, pode coarse polas xuntas non estancas entre o chan e as paredes, polos espazos ao redor de cables ou tubaxes ou polos sumidoiros e desaugadoiros.

2.2 Cales son os factores que máis inflúen na concentración de radon en vivendas?

A concentración de radon nunha vivenda depende dunha serie de factores e os máis influentes son os xeolóxicos, construtivos e meteorolóxicos.

A. Factores xeolóxicos:

- A concentración de gas radon no terreo, é dicir, a cantidade de uranio presente nas rocas e no subsolo.
- O grao de fractura do terreo, de modo que canto maior sexa esta máis alta será a mobilidade do radon.
- A permeabilidade ao aire do terreo, canto máis permeable maior será a cantidade de radon que poida entrar nas vivendas.
- O grao de saturación de auga do terreo, de maneira que unha alta saturación levará consigo unha baixa mobilidade do radon a través do chan.

B. Factores construtivos:

- A existencia de soto na edificación.
- A existencia de soto ou de placa sanitaria, que poden funcionar como espazo de contención.
- A ventilación ou capacidade de intercambio de aire entre o interior e o exterior, que depende do grao de illamento do edificio, así como dos hábitos de ventilación dos seus habitantes.

- A presenza de elementos que poidan actuar como barreiras contra o radon.
- A estanquidade do edificio, é dicir, as posibles vías que o radon atopa para filtrarse no interior. De feito, obsérvase un incremento das concentracións de radon a consecuencia da construción de vivendas máis estancas, co fin de alcanzar un maior aforro enerxético.

C. Factores meteorolóxicos:

- A diferenza de presión existente entre o gas retido no terreo e o exterior.
- As precipitacións, relacionadas coa redución da permeabilidade do chan ao redor da vivenda, que provoca unha saída do gas a través do chan seco que se atopa baixo a vivenda.
- Cando a temperatura no interior é inferior ao exterior, modifícase o gradiente de presións entre o interior e o exterior, o que produce un efecto cheminea que crea unha pequena depresión no interior da vivenda e favorece a succión do radon presente no terreo.
- O vento presenta efectos contrarios. Por unha banda, a velocidade do vento inflúe de maneira positiva na concentración de radon no interior das vivendas ao favorecer, a través da carpintería, a filtración de aire con baixas concentracións de radon que reducirá a concentración interior deste. E, por outra, as presións e succións provocadas polo vento nas fachadas xera unha diferenza de presión entre o interior e o exterior que favorece a entrada de radon na vivenda.

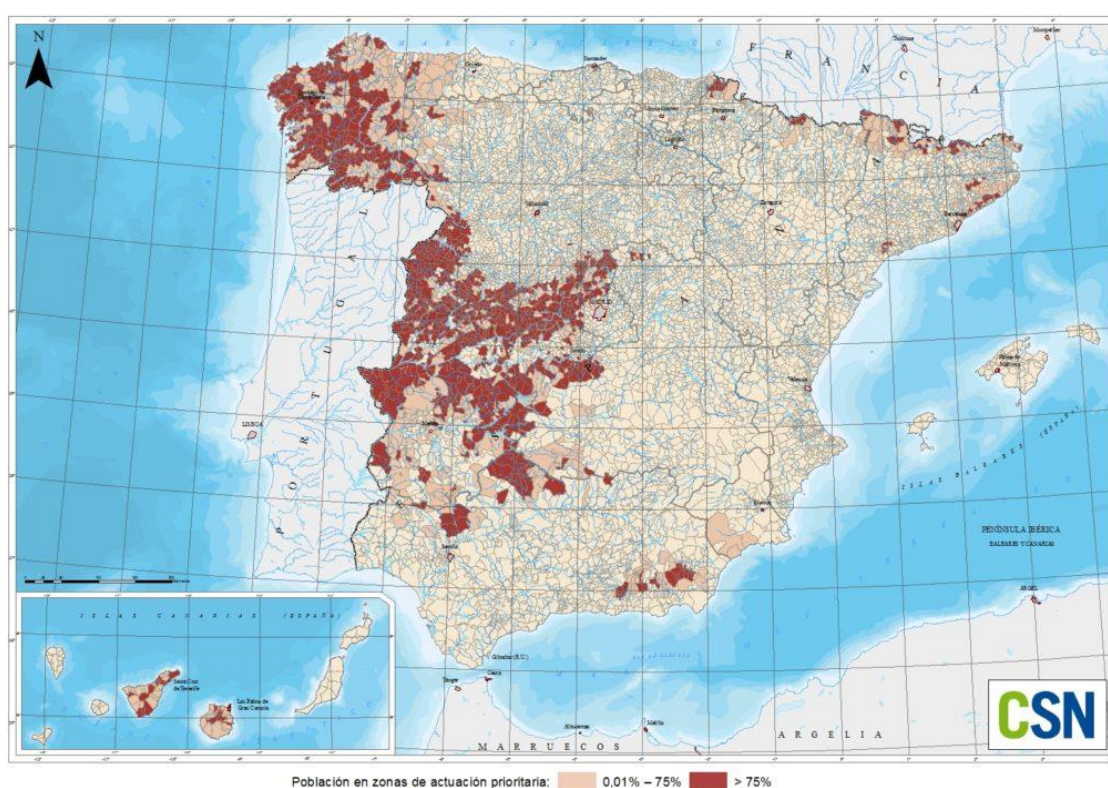
Atendendo á súa influencia, debemos indicar que os factores que máis inflúen na concentración de radon na vivenda son os xeolóxicos, posto que un terreo que non ten concentración de radon non o pode exhalar. Os factores construtivos da edificación ou da vivenda son determinantes, xa que poden evitar a entrada de radon aínda que esta estea situada nunha zona de risco. E, por último, os factores meteorolóxicos inflúen na variación do nivel de concentración, pero non tanto na súa existencia.

Ademais da localización da vivenda, factores como a forma na que foi construída, os materiais de construción, o estado no que se atopa, os hábitos de ventilación, ou as medidas de eficiencia enerxética que supoñen un mellor illamento das vivendas, poden repercutir nos niveis de radon existentes no espazo para analizar. Ademais, devanditos niveis poden variar ao longo do día e ao longo das estacións climáticas como consecuencia de distintos factores.

2.3 Como se pode saber se a nosa vivenda está situada nunha zona de risco?

O habitual é que todas as vivendas conteñan radon en concentracións baixas. Porén, existen determinadas zonas xeográficas que, debido á súa xeoloxía, contan cunha probabilidade maior de niveis elevados de radon.

Para saber se a nosa vivenda está situada nunha zona xeográfica de risco podemos consultar o Mapa do potencial de radon (www.csn.es/radon), elaborado polo Consello de Seguridade Nuclear (CSN), que nos indicará cal é o nivel de risco existente na zona na que está construída.



O mapa clasifica as distintas zonas do territorio nacional en función dos seus niveis de radon e, máis particularmente, identifica aquelas nas que existe unha porcentaxe bastante elevada de edificios residenciais que presentan concentracións superiores a 300 Bq/m³. Para iso, tomáronse máis de 12.000 medidas de radon en vivendas, agrupadas por unidade litoestratigráfica e o rango de exposición a radiación gamma natural, obtido a partir do Mapa MARNA.

As medicións baséanse en medidas de radon tomadas en plantas baixas ou nos primeiros pisos cando as plantas baixas non están habitadas. Por tanto, non representan directamente a exposición da poboación. En xeral, o risco asociado ás plantas

subterráneas é maior que o que reflicten os mapas, mentres que nos pisos altos adoita ser inferior.

As áreas establecidas segundo estes criterios de agrupación dividíronse ou combináronse posteriormente para obter unidades con niveis de radon homoxéneos e deron lugar ás seguintes categorías ou niveis:

- **Nivel baixo ou categoría 0:** os niveis de radon que chegan á superficie adoitan ser baixos. Isto pode ser debido a unha baixa concentración, a unha baixa permeabilidade ou á combinación de ambas (menos de 300 Bq/m³).
- **Nivel medio ou categoría 1:** os niveis de radon son un pouco máis altos e resulta necesario o emprego dalgúha técnica de mitigación, habitualmente a utilización dun sistema pasivo acostuma a ser suficiente (entre 300 e 400 Bq/m³).
- **Nivel alto ou categoría 2:** a concentración de radon é bastante máis elevada (máis de 400 Bq/m³).

A finalidade deste mapa é facilitar o desenvolvemento do Plan nacional de actuación contra o radon que esixe a Directiva Europea e dáselles prioridade ás actuacións de prevención ou mitigación nas comunidades autónomas que presentan unha maior exposición a este.

A información proporcionada polo mapa é orientativa e indica se a vivenda está nunha zona de risco potencial. Por tanto, cando a nosa vivenda atópese nunha zona de nivel medio ou alto en potencial de emisión de radon, con concentracións superiores aos 300 Bq/ m³, é recomendable medir a concentración real de radon acumulada na mesma para determinar cales son as medidas de mitigación máis adecuadas.

2.4 Obriga a lexislación a tomar medidas de mitigación ou corrección nas vivendas existentes?

A normativa recente de protección fronte á exposición ao radon, que se desenvolve a través do documento básico do Código técnico da edificación, DB-HS6, protección fronte á exposición ao radon, determina as medidas de protección necesarias nos edificios. Este documento é de obrigado cumprimento aos edificios nos que se realice un cambio de uso ou naqueles edificios que se reformen, cando se realicen modificacións que permitan aumentar a protección fronte ao radon ou cando se altere a súa protección actual.

Os propietarios dos edificios de vivendas existentes nos que non se vaian realizar obras de reforma do tipo das especificadas non están obrigados a tomar as medidas establecidas, xa que esta normativa non ten carácter retroactivo.

Por tanto, os propietarios de vivendas existentes **non** están obrigados a acometer obras de mitigación para baixar a concentración existente de gas radon no interior, aínda que é recomendable se a concentración de radon que teñen é maior que 300 Bq/ m³ nas plantas habitables e a súa ocupación é permanente.

3. Medición de concentración de radon

3.1 Medición no ambiente. Tipos de medidores

O radon é imperceptible e, por tanto, a única forma de saber se nunha vivenda existen niveis de gas radon que puidesen supoñer risco para a nosa saúde será medindo a súa concentración mediante procedementos científicos. A medición debe realizala persoal cualificado con base en protocolos normalizados.

Existen métodos de medición a curto e a longo prazo e, aínda que todos proporcionan medidas fiables, á hora de realizar esta medición é necesario ter en conta que a emanación do radon está influenciada por diversos factores (temperatura, humidade, presión etc.). Por este motivo, recoméndanse medidas a longo prazo que recollan todas estas variables e que poidan determinar coa maior precisión a súa concentración real.

A continuación, descríbense os métodos máis utilizados e a súa achega, algúns dos cales se poden utilizar de forma complementaria para obter máis información e permitir un mellor diagnóstico.

3.1.1 Detectores de trazas para partículas alfa (DTPA)

Os detectores de trazas consisten en pequenos sensores pasivos que se danan tras recibir o impacto das partículas procedentes da desintegración do radon.

Este tipo de medición permite coñecer a media de concentración da actividade á que nos atopamos expostos durante un período de tempo (Bq/m^3). Aínda que é un método lento, resulta o máis recomendable para determinar o nivel de concentración de radon, xa que pola variabilidade de diversos factores a medida tomada en períodos longos é máis fiable.

O desexable é realizar a medición durante o período dun ano completo para recoller todas as oscilacións e variables posibles ás que poden estar sometidas as medicións da exposición ao radon. Desta maneira, a concentración obtida axustarase mellor á concentración media anual. Con todo, pódense recoller datos en períodos de tempo menor, aínda que convén indicar que é recomendable un período mínimo de 3 meses para obter datos con certa fiabilidade.

A súa instalación non resulta complexa, trátase dun sistema adecuado para colocar en distintos espazos da vivenda. Unha vez finalizado o período de exposición, é necesario envialas a un laboratorio.

O resultado obtense dunha media ponderada no período de exposición, axustada mediante coeficientes de estacionalidade, xa que deben terse en conta as variacións temporais segundo a estación climatolóxica do ano na que se realice a medición.

3.1.2 Filtros de carbón activo ou *canisters* (DCA)

Os filtros de carbón activo son dispositivos compostos por gránulos de carbono que necesitan absorber o radon ambiental durante 48 h. A análise dos resultados é rápido e pódese dispoñer dos resultados aproximadamente unhas 4-5 horas despois de finalizar as medidas. Trataríase dunha medida rápida e de custo moderado.

A información que nos ofrecen estes sensores pasivos é unha imaxe instantánea, resultado da media de actividade nos dous días que dura a exposición.

Normalmente, o protocolo de medida que se utiliza minimiza a renovación de aire, xa que resulta necesario reducir a ventilación ao máximo nos locais, co cal axuda a identificar os puntos de entrada do radon nos edificios.

Este método é recomendable cando resulta necesario saber de forma rápida a que nivel de radon está exposta a vivenda e tamén a avaliación da eficiencia tras unha actuación de remedio.

3.1.3 Cámaras de ionización ou medidores en continuo

Este tipo de medida dá unha información máis detallada ca os anteriores. Pode dar resultados en breves períodos de tempo, comprendidos entre 10 minutos e 1 hora, que informan do comportamento do radon ao longo do día.

Son as medidas que máis información ofrecen, xa que nos achegan os datos da variabilidade ao longo do día, pero o seu custo é elevado debido ao prezo dos detectores que se empregan e á necesidade de persoal cualificado para interpretar os resultados. Pode ser un método aconsellado en lugares onde a súa ocupación está determinada por un horario, xa que podemos determinar o momento do día de maior concentración de radon.

Os dous primeiros métodos pertencerían á tipoloxía de medidores pasivos, necesitan un período de tempo máis longo para realizar as medicións e, ademais, é necesario unha posterior análise no laboratorio. O terceiro, con todo, é un tipo de medidor activo. Estes medidores ofrecen resultados practicamente no momento.

O recomendable para saber o nivel de concentración anual de radon na vivenda é utilizar os medidores de trazas e complementalos cos outros métodos para obter información da existencia do mesmo de xeito mais inmediato, así como para obter información sobre a súa incidencia ao longo do día ou dun período de tempo.

Todos os métodos proporcionan medidas fiables, pero as medidas a longo prazo recollen o maior número de variables de niveis de concentración de radon debidas a factores ambientais e meteorolóxicos polo que a súa media anual de concentración é mais exacta.

Outros tipos de medición

Existen outros tipos de medidores que se poden usar no eido doméstico para ter unha referencia, como medidores compactos ou determinadas aplicacións móbiles, pero que non son tan fiables como os anteriores.

3.2 Medición noutros medios

Como vimos antes, o radon pode chegar á vivenda a través dos materiais de construción ou a través da auga, aínda que de forma insignificante.

No caso dos materiais de construción, a medición pódese realizar no laboratorio ou sobre o terreo. As medicións no sitio poden levarse a cabo mediante métodos de acumulación, de fluxo ou absorción.

E, nos casos nos que se sospeite unha concentración elevada de radon na auga potable, será conveniente tomar mostras e analizalas nun laboratorio acreditado. En liñas xerais, cando a auga procede de subministracións de auga superficial non supón un problema. É máis probable que exista radon na auga cando procede dunha fonte subterránea, tanto se se trata dun pozo privado coma dunha subministración pública.

3.3 Proceso de medición

Como se avanzou, o radon é imperceptible, motivo polo cal deberemos medir os seus niveis de concentración para saber se unha determinada vivenda está afectada e ata que punto pode supoñer un risco para a saúde.

Para iso, poderíase realizar unha primeira medición con medida a curto prazo, como poden ser os filtros de carbón activo con toma de mostras durante dous días (48 horas),

o que permitirá coñecer de forma rápida e aproximada se a vivenda ten niveis elevados de radon ou non.

Para detectar o nivel de concentración de radon anual dunha forma máis precisa realizaranse medicións a máis longo prazo con detectores de trazas e tomaranse mostras durante o período máis longo posible, como mínimo de 3 meses, de acordo ao estipulado no apartado 3.1.2.

Pódense completar as medicións de radon mediante un medidor en continuo, que permitirá determinar a oscilación de concentración ao longo do período do día, o que nos achegará resultados que poden axudar a determinar as accións de mitigación que será necesario levar a cabo.

En calquera caso, débense levar a cabo medicións baseadas en protocolos normalizados e con equipos calibrados para poder garantir a súa precisión.

3.4 Recomendacións para realizar a medición

Para a medición da determinación da media anual de concentración de radon no aire dos locais habitables dun edificio, débense ter en conta as seguintes recomendacións xerais:

Determinación do número de medidores

Os lugares onde se adoitan atopar concentracións máis elevadas son os sotos e as plantas baixas, debido á súa proximidade ao chan, xa que como vimos o radon é máis denso que o aire. Por tanto, se a fonte principal de radon procede do terreo, a medición hase de realizar nas estancias habitables onde se estime que o radon alcanza a súa máxima concentración, en particular nas plantas baixo rasante e na planta baixa ou primeira planta, dependendo da tipoloxía de vivenda. Ademais, no caso de edificios en altura, tamén na planta máis alta sobre a rasante.

Aínda que o mínimo determinado de detectores repartidos por cada planta na que se deba tomar medidas é de 2 para cumprir co protocolo, se é posible recoméndase un número de 3 detectores por se houbese valores moi dispares entre eles que puidesen dar lugar á incerteza sobre os resultados.

Situación dos detectores en cada planta

En cada planta en que se vaian colocar os detectores, elixíranse as estancias máis representativas e nas que a permanencia de persoas sexa a de maior tempo (salóns, dormitorios etc.), e permanecerán sempre no mesmo lugar.

Recoméndase colocalos a unha altura do chan de entre 50 e 180 cm e a unha distancia de máis de 30 cm da parede.

Os detectores non se deben poñer no interior de elementos pechados como armarios, nin próximos a correntes de aire nin a fontes de calor.

Cando resulte necesario colocalos en lugares con humidade elevada (máis do 70 % de HR), deben cubrirse cunha membrana que os protexa, de forma que esta non interfira na medida final.

Condicións da vivenda

Durante a exposición á vivenda deberá estar en condicións de uso normal, seguindo os hábitos de ocupación.

En caso de realizar as probas con filtros de carbón activo ou *canisters*, será necesario pechar as xanelas e as portas que dan ao exterior, mesmo 12 horas antes de comezar a proba, e mantelas pechadas o maior tempo posible durante o tempo que se realice esta. Os sistemas de aire acondicionado e calefacción poden permanecer en uso.

Para os efectos de medir a concentración de radon na vivenda, só se terán en conta os resultados obtidos nas plantas habitables. Con todo, para realizar un bo diagnóstico que determine as actuacións de mitigación máis adecuadas convén coñecer os resultados das plantas en contacto co terreo, aínda que estas non sexan habitables.

Unha vez aplicadas as medidas de mitigación, será recomendable realizar algunha medición posterior para poder determinar a eficacia destas e comprobar que realmente se produciu unha redución dos niveis de concentración de radon.

O resultado das mostras obtidas debe calculalo un laboratorio acreditado ou habilitado para realizar estes ensaios, con obxecto de garantir o procedemento e a calidade dos resultados.

3.5 Garantía de calidade das medicións

Co obxecto de garantir a calidade das medicións de concentración de gas radon no interior dos edificios, os laboratorios que realicen estas medicións deberán estar acreditados de acordo coa Norma ISO/IEC 17025 pola Entidade Nacional de Acreditación (ENAC), ou ben cumprir os requisitos esixidos polo Real decreto 410/2010, do 31 de marzo, presentar a declaración responsable como laboratorio de ensaios para o control de calidade da edificación ante o órgano competente da comunidade autónoma e estar inscritos no Rexistro de Laboratorios do Código Técnico da Edificación (CTE).

En Galicia, os laboratorios que cumpran os requisitos esixidos e que queiran inscribirse no rexistro correspondente (Relaga) deberán presentar unha declaración responsable no Instituto Galego de Vivenda e Solo (IGVS), de acordo coas instrucións da seguinte ligazón: <https://relaga.xunta.gal/rulece/portal/>.

Así mesmo, para saber que laboratorios habilitados hai en Galicia, poderase consultar o citado rexistro.

No CTE, recóllese a información dos rexistros autonómicos cuxos datos se poden consultar na súa páxina web:

https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/registroCTE/05-registro-entidades-laboratorio/laboratorios/2018_09_18_Laboratorios.pdf.

Para obter información sobre os laboratorios acreditados por ENAC para a medición de radon pódese consultar a páxina web do Consello de Seguridade Nuclear (CSN), a través da seguinte ligazón:

<https://www.csn.es/documents/10182/1010776/Listado+de+laboratorios+acreditados+para+medir+rad%C3%B3n+en+aire+seg%C3%BA+n+norma+ISO-IEC+17025%2C+ubicados+en+Espa%C3%B1a+o+con+distribuidores+en+Espa%C3%B1a+--+Octubre+2018>.

Tanto a acreditación como a habilitación dos laboratorios son unha garantía de que estes contan co persoal e os equipos necesarios, así como, cun protocolo adecuado para a realización destes ensaios.

3.6 Medición noutros países

O tipo e a duración das medicións varía duns países a outros. Así, mentres en países nórdicos coma Finlandia e Suecia as medicións se realizan na tempada de uso das calefaccións, que adoita coincidir cos niveis máis altos de concentración de radon, en Irlanda e no Reino Unido lévanse a cabo ao longo de períodos de tres meses e aplícanse factores de corrección estacionais, en Italia fanse durante un ano completo e, nos Estados Unidos, óptase por medicións a curto prazo anteriores á compravenda de vivendas.

En países coma o Reino Unido, Irlanda ou os Estados Unidos, os niveis do gas condicionan o prezo dunha vivenda ou dun local e as medicións nos niveis de exposición son unha información solicitada nas transaccións de compravenda.

4. Mitigación ou corrección

4.1 Medidas diagnósticas previas á mitigación

Antes de realizar as medidas de corrección, será necesario realizar un estudo diagnóstico previo en función dos datos obtidos nas medicións para determinar cal sería a medida correctiva máis idónea, logo de analizar as características do terreo (permeabilidade, compacidade, contido de radon), a tipoloxía construtiva da edificación, a viabilidade de execución das medidas, o seu custo económico e, mesmo, o tempo de ocupación desta.

Primeiro, farase unha inspección visual do edificio tendo en conta os posibles puntos de entrada do radon, as opcións tanto para a execución de puntos de aspiración como para o futuro percorrido dos condutos en sistemas de extracción, as principais fontes de despresurización existentes na vivenda, os aparellos de combustión que poidan emitir contaminantes ao exterior desta, así como as posibles modificacións que puidese sufrir a vivenda.

Se se sospeita dunha posible infiltración de gases do terreo xerada por unha diferenza de presións, poderase usar fume químico, bocha de po ou un micromanómetro para coñecer a diferenza entre a presión do chan ou exterior e a do interior da vivenda.

No caso de que se prevexa a necesidade de ventilación mecánica, pode resultar de axuda determinar a estanquidade ao aire da envolvente do edificio mediante un test de estanquidade.

Un diagnóstico incorrecto pode dar lugar á elección de medidas equivocadas que non provoquen o efecto esperado ou, no peor dos casos, que se eleve a concentración de radon inicial na vivenda.

A aplicación de medidas de mitigación require dun bo diagnóstico previo e contar con expertos no comportamento do radon no ambiente e dos materiais; Así como técnicos con coñecementos en construción e instalacións de edificios, para poder establecer as medidas idóneas en cada caso.

4.2 Tipos de medidas correctivas

Para eliminar a concentración de radon en vivendas existentes, tras analizar o resultado das medicións e en función do estudo previo, da localización da vivenda e das características desta, existen distintas medidas correctivas ou de mitigación. Non existe unha solución tipo e tampouco é posible garantir a eficacia dunha técnica concreta pois, como se comenta anteriormente, entran en xogo distintas variables, aínda que axudará ter a máxima información posible.

En xeral, os sistemas de mitigación deberán cumprir unha serie de requisitos:

- Ser capaces de reducir as concentracións de radon
- Ser funcionais ao longo da vida útil do edificio
- Permitir un fácil control de funcionamento
- Ser seguros e non crear tiro inverso
- Ser silenciosos e discretos
- En caso de tratarse de sistemas de despresurización pasiva do chan, permitir a instalación dun ventilador adicional de maneira sinxela
- Presentar custos reducidos de instalación, funcionamento e mantemento

A continuación, descríbense os distintos tipos de medidas correctivas:

4.2.1 Ventilación

A ventilación pódese aplicar no interior da vivenda ou, cando esta conte con placa sanitaria, na cámara de aire existente baixo esta. Pode ser, en ambos os casos, natural ou forzada.

En función do tipo de espazo, a ventilación será diferente:

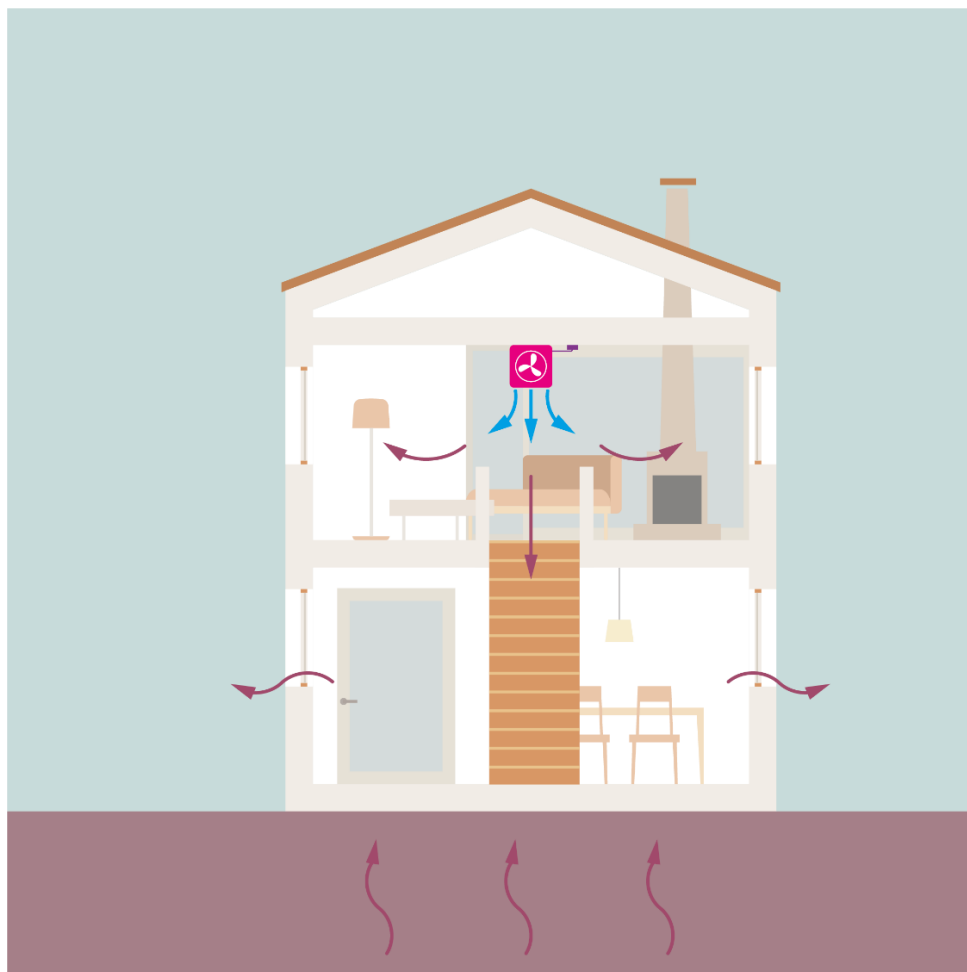
a) Ventilación no interior da vivenda

A ventilación interior da vivenda é unha técnica habitual cando existen baixas concentracións de radon, aínda que o feito de ventilar abrindo xanelas non adoita ser suficiente para eliminar o gas.

Tras varios estudos realizados, chégase á conclusión de que sería necesario alcanzar taxas de ventilación con valores comprendidos entre 2 e 5 renovacións por hora para conseguir un ambiente saudable¹. Por iso, na maioría dos casos é necesario considerar a necesidade

¹B. Frutos. *Radon concentration control by ventilation and energy efficiency improvement*. AIVC Conference 2015.

da instalación dun sistema de ventilación forzada que consiga alcanzar estes caudais de forma constante.



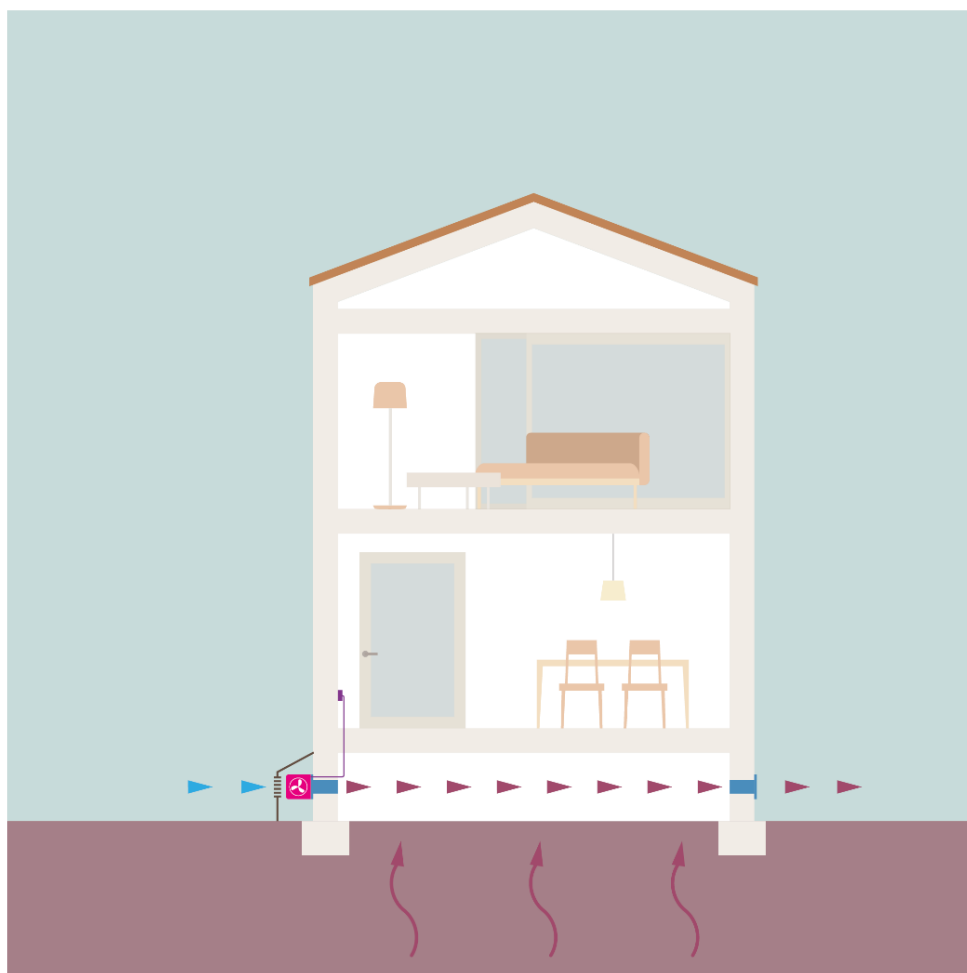
A utilización da técnica de ventilación forzada supón un aumento da renovación do aire interior para conseguir reducir os niveis de concentración do radon na vivenda. Isto pode levar asociado o aumento do custo enerxético para manter as condicións de confort térmico da vivenda, polo que se debe considerar o deseño desta técnica cun sistema de recuperador de calor, co obxecto de elevar a temperatura do aire de impulsión que vén do exterior.

Tamén é importante ter en conta que, cando só se expulsa aire da vivenda ou se a entrada de aire novo do exterior é insuficiente, pódese xerar unha depresión interior que pode aumentar a succión do radon proveniente do terreo e producir un aumento dos niveis de concentración interior. Por este motivo, é sumamente importante controlar a relación entre as taxas de fluxo de extracción e inmisión, co obxecto de conseguir que a medida non produza o efecto contrario. É dicir, que se cree unha succión do radon procedente do terreo ata o interior da vivenda.

b) Ventilación da cámara de aire en placas sanitarias

Nestes casos, a cámara de aire da placa sanitaria funciona como un espazo de contención/captación, debido a que a ventilación dos espazos comprendidos entre o terreo e o espazo habitado consegue reducir considerablemente a concentración de radon por baixo da vivenda e, por tanto, a redución das concentracións de gas no seu interior.

A ventilación pódese levar a cabo a través dos muros de apoio, o que permitirá a entrada de aire renovado desde os muros opostos, coa axuda dun sistema de ventilación forzada. Esta ventilación forzada pode reducir as diferenzas de presión entre o chan e o interior da vivenda, co que se conseguirá reducir o radon existente na vivenda, o que comporta unha mellora do aire interior.



Cando a concentración de radon é moi elevada, a ventilación forzada pódese combinar cun sistema de barreira, para conseguir deste xeito unha protección maior.

É unha medida útil cando non é viable unha despresurización activa ou nos casos nos que, aínda que se recorra a esta técnica, non é suficiente á hora de reducir as concentracións de radon.

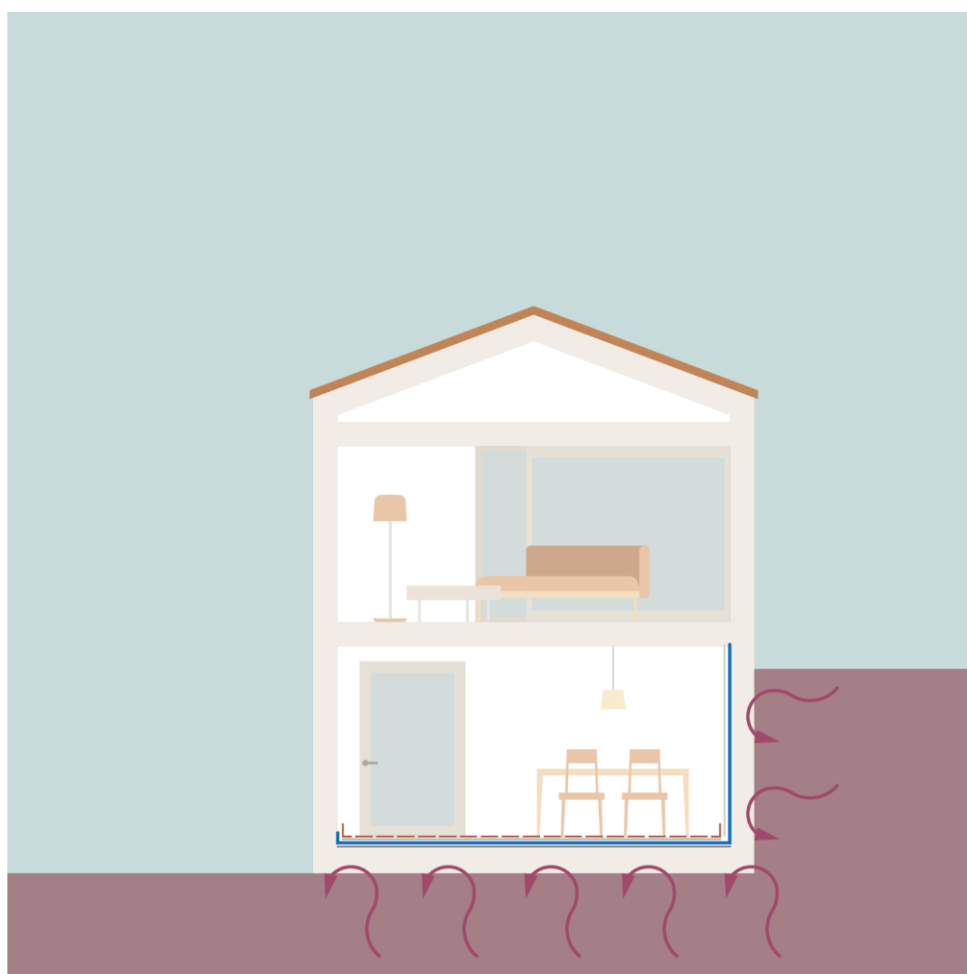
4.2.2 Selado de gretas e fisuras

O selado de gretas nos chans e nas paredes de sotos ou plantas baixas adóitase utilizar como un paso inicial para a mitigación, e isto sempre ha de ir acompañado doutra medida complementaria.

O selado de gretas adóitase realizar con silicona acrílica, aínda que se poden usar outro tipo de materiais, como seladores de poliuretano expansivo ou morteiros de cemento modificados con polímeros, cando o tamaño das gretas sexa considerable.

Esta medida, aínda que é de sinxela aplicación, non debe ser utilizada como medida definitiva ou única estratexia de prevención pola dificultade de conseguir un selado eficiente, ao non resultar fácil atopar as posibles entradas (xuntas, fisuras, encontros...), pola durabilidade do material de selado, polas dilatacións, por novas fisuras que se poidan xerar ao longo do tempo etc.

4.2.3 Barreira de protección antirraddon



A barreira de protección antirradon é unha medida pasiva que se basea na colocación dunha lámina prefabricada ou na proxección dunha membrana continua sobre a totalidade das superficies da vivenda en contacto co terreo. Pode empregarse como única estratexia de prevención do radon ou en combinación con outras técnicas, como a despresurización activa do chan.

As barreiras adoitan ser máis eficaces en climas tépedos, onde as diferenzas de presión debidas á temperatura son pequenas.

As membranas han de cumprir unha serie de características para que resulten efectivas:

- Impermeabilidade fronte ao paso do radon.
- Estanquidade durante a posta en obra e cando se sometan a movementos diferenciais.
- Altas resistencias mecánicas que eviten o punzonamento, o racho e a tracción, para deste xeito evitar fisuras tanto durante a súa execución como durante a súa vida útil.
- Altas elongacións para absorber dilatacións e evitar fisuras.
- Compatibilidade química cos elementos soporte.
- Execución coidadosa que garanta a súa integridade.

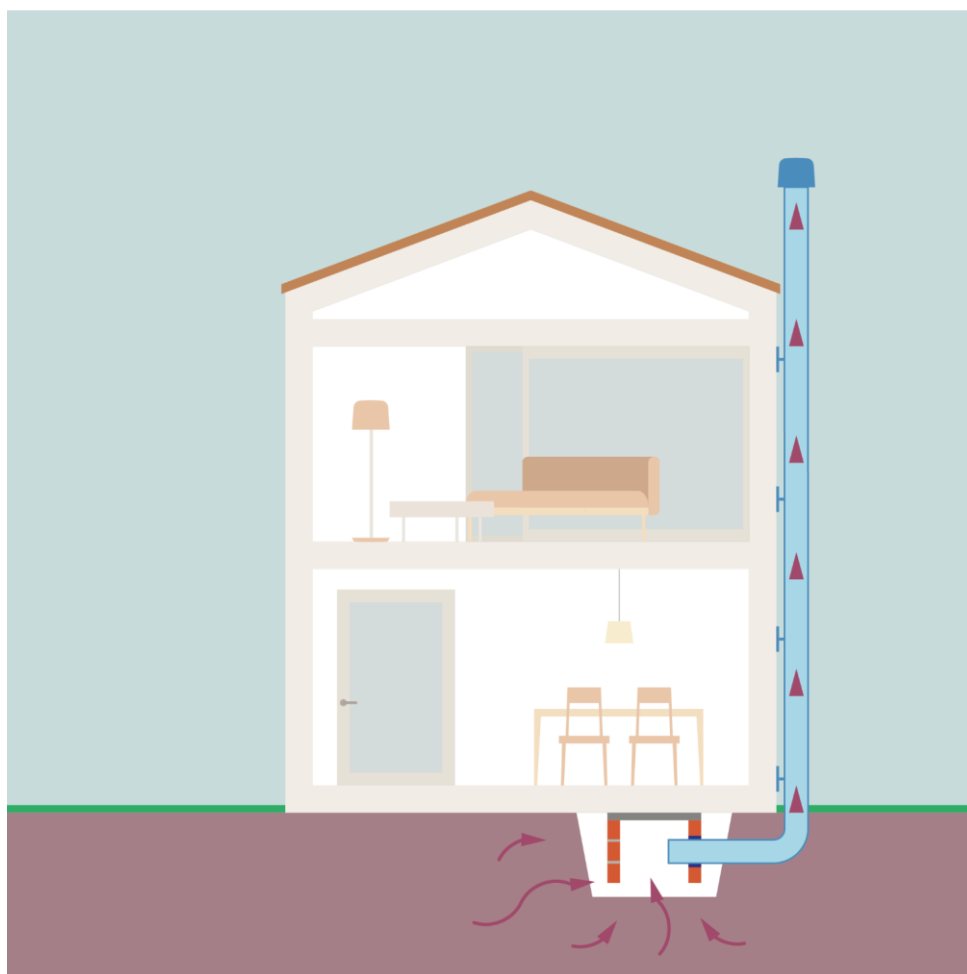
Ás veces, recórrese ao uso de feltros separadores para desligar a membrana do soporte e absorber as irregularidades. Para iso, adóitanse engadir capas á membrana, o que aumenta o seu espesor.

A incorporación de mallas aumenta a resistencia mecánica da membrana, mentres que as láminas de aluminio entre as diferentes capas lle confiren unha maior resistencia ao paso do radon.

En liñas xerais, resulta bastante difícil conseguir a estanquidade das membranas. De feito, se estas se perforan durante a súa colocación ou uso, poderíase conseguir un efecto contrario ao desexado, recollendo o radon do terreo e filtrándoo na vivenda a través de calquera greta ou abertura.

4.2.4 Despresurización natural do terreo

Os sistemas de extracción de radon desde o terreo baséanse na despresurización deste mediante a extracción de aire desde a área onde se asenta o edificio. A súa función é crear unha vía de escape do radon do terreo reducindo o fluxo que se poida filtrar no interior da vivenda.



Para realizar esta extracción será necesaria unha arqueta ou punto de captación no terreo conectado a un conduto de evacuación cara ao exterior que funcione debido á diferenza de presións. Cando as concentracións sexan excesivas e non resulte suficiente o tiro natural, será necesaria a instalación dun extractor mecánico.

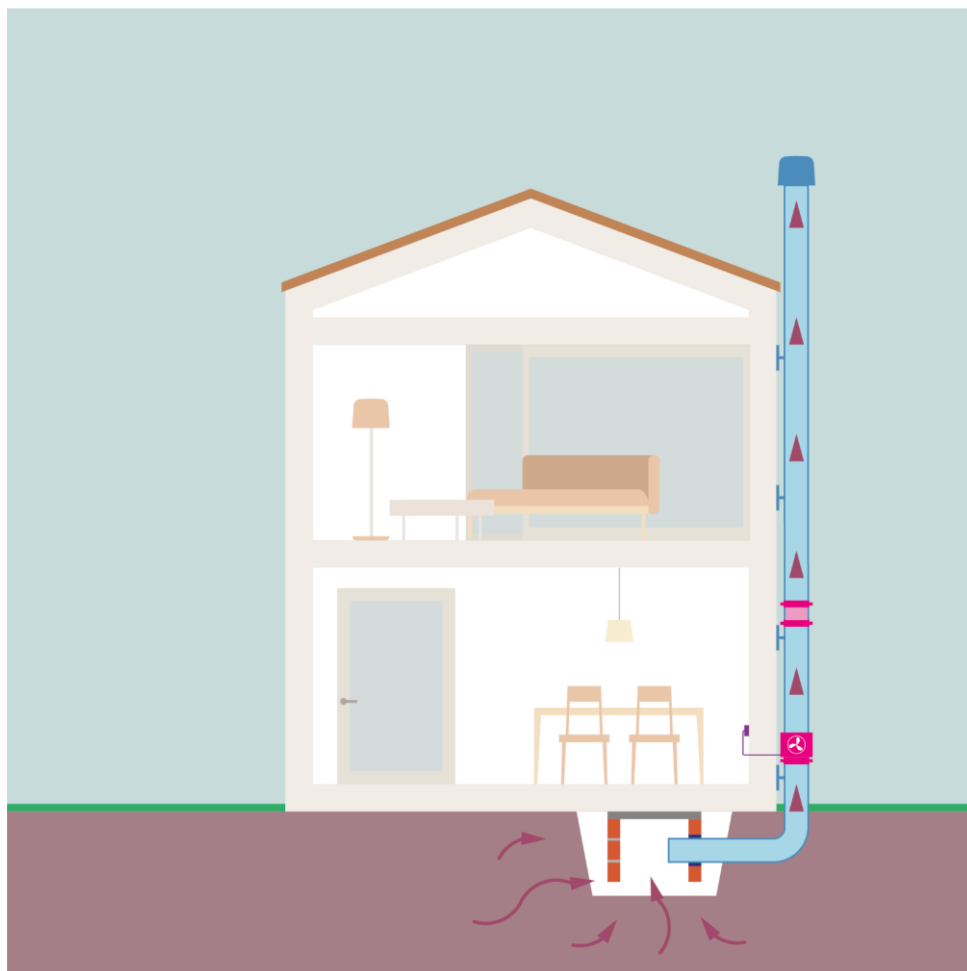
Cando a extracción se realice de forma natural sen o uso de extractores, a permeabilidade do terreo é determinante no seu funcionamento. Os mellores resultados conséguense cando a permeabilidade do terreo é alta, xa que isto favorece o desprazamento do radon entre os poros deste, co que se alcanza o punto de captación.

Por tanto, o sistema de extracción natural estará formado por un ou máis puntos de captación situados por baixo ou no lateral da vivenda e un conduto de evacuación.

Na execución desta medida de mitigación é sumamente importante que o tiro sexa suficiente. Ademais, haberá que ter en conta que a menor número de puntos de captación será necesaria unha maior potencia de extracción que garanta unha zona segura baixo a vivenda.

Cando o punto de captación estea situado no exterior, é necesario ter en conta o efecto barreira que pode causar a cimentación perimetral, que podería comportar unha menor diminución dos niveis de radon.

4.2.5 Despresurización activa do chan (DAC)



A despresurización activa do chan (DAC), tamén chamada extracción forzada, é a medida máis indicada para vivendas existentes, debido a que achega unha gran fiabilidade e eficacia na redución dos niveis de radon, sempre que a súa instalación sexa a correcta. Por ese motivo, é o método utilizado na maioría dos países.

O seu funcionamento é similar aos sistemas de extracción natural, agás a incorporación dun extractor para forzar o tiro de evacuación, co que se consegue unha succión maior e constante desde o punto de captación.

O sistema de extracción forzada terá unhas características específicas en función da tipoloxía da cimentación da vivenda (placa sanitaria, laxa de cimentación etc.).

Adóitanse utilizar extractores cunha potencia comprendida entre 50 e 100 W para un raio de 15 m desde o punto de captación, aínda que a potencia deste se calculará en función da permeabilidade do terreo, a concentración de radon nel e o número de puntos de captación.

Cando a permeabilidade do terreo sexa baixa, será necesario instalar extractores con maior potencia. Esta tamén deberá aumentar en función da concentración de radon. Ocorrerá o mesmo se a superficie para cubrir é maior ou se se aumentan os puntos de captación.

Os sistemas de despresurización activa do chan adoitan estar compostos por

- Un ou máis puntos de aspiración situados por baixo da soleira ou da placa en contacto co terreo ou ben no exterior da vivenda.
- Un punto de saída, normalmente por encima da cuberta máis alta, co fin de evitar que o radon volva entrar na vivenda.
- Un ventilador en liña de funcionamento continuo, situado fóra e por encima do espazo acondicionado da vivenda. O seu tamaño adoita ser maior ca os usados nas vivendas de nova construción, debido a que estas últimas adoitan contar cunha capa permeable e un sistema de selado.
- Un manómetro de tubo en U que se colocará debaixo do ventilador e que actuará como indicador do sistema, comprobando o seu correcto funcionamento.
- Marcaxe do sistema en todos os niveis accesibles, para evitar a súa confusión coa rede de tubaxes de auga.

Pódense utilizar distintos modelos de puntos de captación:

- Oco no terreo, conectado a un tubo de evacuación que extraerá o radon. Evitaranse desprendementos e posibles inundacións.
- Arqueta de captación no sitio, con orificios nas paredes, xeralmente realizada con ladrillo perforado colocado en sentido transversal. Similares ás das redes de saneamento, pero coa superficie en contacto co terreo porosa.
- Arqueta prefabricada especial para a captación de radon.

En canto á situación dos puntos de captación, deberán terse en conta as seguintes indicacións:

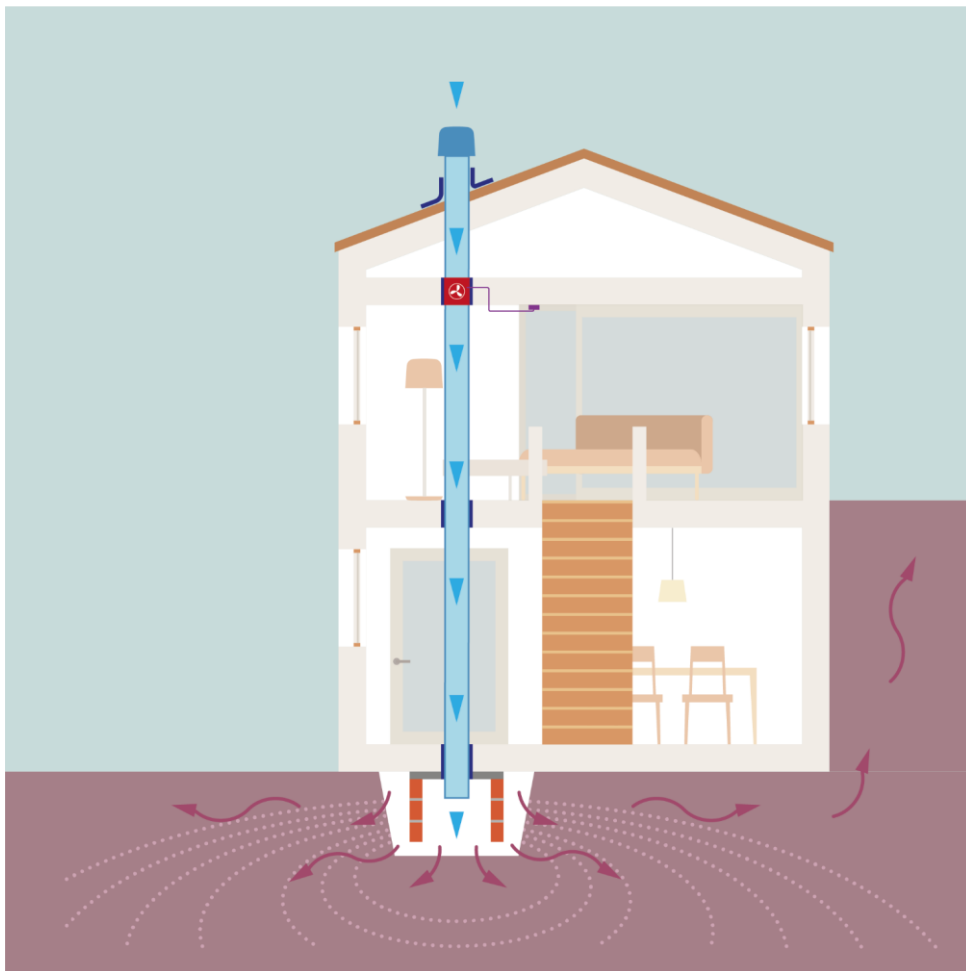
- Recoméndase colocar os puntos de captación de maneira que os seus raios de acción cubran a totalidade da superficie en planta.
- A cantidade de captadores e a súa colocación dependerá da permeabilidade do terreo, da superficie da planta e da solución de tiro (natural ou forzado).

- Un único extractor pode dar servizo a máis dun captador.
- Cando a permeabilidade do terreo sexa alta, pode situarse o punto de captación enterrado no exterior do edificio, o máis próximo posible a el. A extracción desde este pode chegar a abarcar toda a planta, sen que teña que estar situado debaixo. Nestes casos, adóitase necesitar un extractor de maior potencia. Resulta unha boa técnica para vivendas xa construídas.

As principais dificultades coas que nos podemos atopar son as seguintes:

- Cando o material situado baixo a planta inferior é pouco permeable, a mobilidade do gas é menor e, por tanto, pode resultar necesario redimensionar o extractor aumentando a súa potencia ou engadir máis pozos de captación, para así aumentar a superficie baixo laxa sobre a que se aplica a aspiración.
- O selado das aberturas ou gretas entre o chan e o espazo habitado pode resultar dificultoso.
- Ás veces, resulta complicado atopar un trazado para os condutos de ventilación.

4.2.6 Presurización positiva



A presurización positiva no interior dunha vivenda pódese conseguir de dúas formas diferentes: invertendo o funcionamento dun sistema de despresurización forzada do terreo ou instalando un extractor con funcionamento inverso, de forma que impulse aire no interior da vivenda en lugar de extraelo.

O primeiro método baséase no uso dun sistema de despresurización forzada, pero invertendo o seu funcionamento. Desta maneira, o extractor que forma parte do sistema, en lugar de extraer o radon existente baixo o terreo insufla o fluxo de aire no pozo ou na arqueta de captación, co que se crea un bulbo de presións ao seu redor que obriga o radon a percorrer outros camiños para chegar á atmosfera.

Mentres que o segundo método se basea na instalación dun extractor con funcionamento inverso, normalmente colocado no espazo baixo cuberta, que provocará unha sobrepresión interior en lugar dunha depresión, reducindo o fluxo de radon desde o terreo cara ao interior da vivenda e diluíndo o gas que xa está no interior. Neste caso, é moi importante un bo mantemento dos filtros e manter as xanelas e as portas pechadas para que resulte efectivo.

4.2.7 Técnicas de mitigación de radon en relación coa auga

Para reducir a concentración na subministración de auga potable existen diferentes técnicas, como a aireación ou o uso de filtros de carbón activo granular, técnicas sinxelas e eficaces:

- Aireación: esta técnica pódese realizar de distintas maneiras, pódese facer burbullar o aire a través da auga nun tanque pechado, pulverizar a auga no aire, ou ben deixar caer a auga en fervenza sobre obstáculos. De calquera destas maneiras, o radon extráese da auga e sae ao exterior.
- Filtración por carbón activado: a eliminación do radon na auga potable pódese eliminar mediante un filtro de carbón activo granular. A medida que a auga flúe a través deste filtro, os químicos absórbense ou adhírense á superficie e dentro dos millóns de microporos dos gránulos do carbón activado. Os filtros utilízanse sempre como parte dun sistema de extracción e tratamento para limpar augas subterráneas, de pozo, de manancial, augas municipais etc.

O filtro de carbón activo consiste nun recipiente ou columna rechea de gránulos. A súa estrutura e propiedades permítenlle absorber especificamente aqueles químicos perigosos que se atopan na auga que se vaia tratar e, ademais dos refugалlos radioactivos, pode eliminar certos tipos de metais como chumbo, cadmio ou mercurio, sempre que estes metais pesados estean presentes en pequenas cantidades. A redución mediante

filtración por carbón activado granulado non é tan custosa como o método anterior, pero conséguese unha menor redución de radon.

4.3 Mantemento das solucións

Durante a vida dos sistemas de mitigación ou corrección fronte ao radon, débese asegurar o seu funcionamento, aumentar a súa fiabilidade e prolongar a súa duración. Por todo iso, hai que realizar unha serie de operacións de mantemento.

Na táboa que se achega a continuación aparecen reflectidas as principais operacións de mantemento que se deben realizar, así como a periodicidade coas que se deben levar a cabo.

	OPERACIÓN	PERIODICIDADE
Condutores	Limpeza	1 ano
	Comprobación da estanquidade aparente	5 anos
Aberturas	Limpeza	1 ano
Extractores	Limpeza	1 ano
	Revisión do estado de funcionalidade	5 anos
Filtros	Revisión do estado	6 meses
	Limpeza ou substitución	1 ano
Sistemas de control	Revisión do estado dos automatismos	2 anos

[Indicacións extraídas do Código técnico da edificación]

4.4 Solucións en función da concentración de radon e da tipoloxía da vivenda

Na seguinte táboa, e de maneira orientativa, móstranse as solucións máis recomendables para vivenda existentes en función da tipoloxía, dos niveis de concentración de radon, da viabilidade e do custo da medida.

TIPOLOXÍA DE VIVENDAS			NIVEL CONCENTRACIÓN RADON (Bq/m ³)	
			MEDIO (300 < x < 600)	ALTO (> 600)
ESPACIO HABITABLE	SOLEIRA		Ventilación interior	Presurización positiva no interior da vivenda
	PLACA SANITARIA		Ventilación C. A. de placa sanitaria OU Ventilación interior	Despresurización activa
ESPACIO NON HABITABLE	SOLEIRA		Selado + Barreira antirradon	Barreira antirradon + Despresurización activa
	PLACA SANITARIA		Selado + Ventilación C. A. de placa sanitaria	Barreira antirradon + Ventilación forzada C. A. de placa sanitaria

EH: Espazo ou local habitable, e entenderase como tal calquera recinto interior destinado ao uso de persoas cuxa densidade de ocupación e tempo de estancia esixe unas condicións acústicas, térmicas e de salubridade adecuadas.

EC: Espazo de contención ou espazo non habitable, ventilado e constituído por unha cámara de aire horizontal ou vertical ou por un local non habitable. Considérase como tal calquera recinto interior non destinado ao uso permanente de persoas, como sotos, garaxes, rochos e cuartos técnicos.

NOTA EXPLICATIVA

Tomáronse estes valores de referencia anuais ($+300-600 \text{ Bq/m}^3$) como medio e ($+ 600 \text{ Bq/m}^3$) como máximo porque parece coherente establecer os mesmos niveis de concentración de radon que determina o proxecto do DB HS6 Protección fronte á exposición de radon do CTE para fixar os tipos de actuacións de protección.

As solucións que se recomendan nesta táboa son as máis viables desde o punto de vista económico, tendo en conta a súa tipoloxía e a súa concentración de radon, e poden garantir a redución do nivel de concentración anual dunha vivenda estándar de ocupación permanente a niveis satisfactorios.

Outro factor que hai que ter en conta á hora de elixir a medida máis adecuada é a permanencia na vivenda. Se se ten en conta que o nivel de concentracións de radon que se determina na medición é anual, nunha vivenda de ocupación ou de uso ocasional o risco minimízase, polo que determinadas solucións poderían ser desproporcionadas.

Por suposto, poderíase aplicar calquera outro tipo de medida de protección maior ou implantar as propostas na táboa con medidas complementarias, pero requirirían maior obra, máis tempo e un orzamento máis elevado.

No caso de que a medición realizada presente un nivel lixeiramente elevado de radon e a redución deste non resulte urxente, pódense aplicar medidas de mitigación de forma graduada que se poden aumentar nun futuro en caso necesario.

De todos os xeitos, calquera solución de mitigación que se poida realizar nunha vivenda con concentracións medias ou altas de radon, aínda que non se consigan alcanzar os límites desexables ($<300 \text{ Bq/m}^3$ anuais), sempre será mellor ca non adoptar ningunha medida.

5. Conclusións

En caso de querer saber se a nosa vivenda está afectada por concentración de gas radon e, cando isto sexa así, coñecer o seu nivel de concentración e as medidas de mitigación ou corrección que deberíamos adoptar, recoméndase seguir os pasos que se mencionan a continuación:



- ✓ Consultar, sempre a nivel orientativo, o Mapa de risco potencial de radon, do Consello de Seguridade Nuclear, e comprobar o nivel de radon asociado á zona na que se atopa a nosa vivenda.
- ✓ Se a nosa vivenda está nunha zona de risco, é recomendable realizar unha medición para determinar os niveis de radon existentes mediante algún dos métodos de medición mencionados.
- ✓ Unha vez obtido o resultado das medicións polo laboratorio, analizaranse as particularidades do edificio ou da vivenda e as posibles solucións en función dos niveis de concentración de radon detectados, para elixir a medida ou medidas de mitigación máis adecuadas en cada caso.
- ✓ Unha vez aplicada a medida ou medidas de mitigación, recoméndase realizar medicións de comprobación para valorar a súa eficacia.

A solución máis adecuada de mitigación que garanta o resultado esperado, virá sempre da man dun bo diagnóstico, un estudo riguroso e a execución por profesionais especialistas.

6. Glosario de termos

Becquerelio: É a unidade que mide a frecuencia de desintegración ou transformación dun núcleo radioactivo ou, o que é o mesmo, o número de desintegracións por segundo de átomos de radon nun metro cúbico de aire.

Concentración de radon: Defínese o nivel de referencia de radon como o valor da media anual de concentración de radon por encima do cal non se considera apropiado que se produzan exposicións, aínda que este límite poida pasarse.

Elongación: Alongamento dunha peza sometida a forzas de tracción externas antes de romper.

Espazo de contención ventilado: Espazo constituído por unha cámara de aire, que pode ser vertical ou horizontal en función do cerramento que se vaia protexer, ou por un local non habitable. Este espazo dispoñerá de ventilación natural ou mecánica.

Espazo/local habitable: Recinto interior destinado ao uso de persoas cuxa densidade de ocupación e tempo de estancia esixe unhas condicións acústicas, térmicas e de salubridade adecuadas. Considéranse locais habitables os seguintes: dormitorios, comedores, salóns, cocinas, baños, aseos, distribuidores interiores etc.

Espazo/local non habitable: Recinto interior non destinado ao uso permanente de persoas, polo que non esixe unhas condicións especiais de protección dentro do ámbito de aplicación desta protección. Considéranse locais non habitables os garaxes, rochos e cuartos técnicos.

Estanquidade: Capacidade dunha construción de evitar a filtración ou o acceso de partículas externas.

Placa sanitaria: Cumpre a mesma función que a soleira, pero non entra en contacto directo co terreo, senón que se eleva uns metros e habilita un espazo polo que circula o aire. Entre as súas principais funcións está a de evitar un exceso de humidade na planta baixa.

Lámina bituminosa: Elemento laminar composto por substancias bituminosas derivadas do asfalto que, polo xeral, se utilizan na impermeabilización de terrazas, muros enterrados, cubertas e azoteas, mediante a aplicación de calor para lograr a súa adherencia ao soporte e evitar o paso da auga.

Lámina antipunzonamento: Lámina que se utiliza normalmente en edificacións como protección de láminas impermeabilizantes.

Manómetro: Instrumento para medir a presión de fluídos, xeralmente gases, contidos nun espazo pechado.

Morteiro polimérico: Morteiro fabricado a partir de resinas epoxídicas que conta con excelentes calidades mecánicas e durabilidade química. A súa aplicación límtase habitualmente a rexeneracións de mínimo espesor, onde non son de aplicación os morteiros convencionais.

Nivel de referencia: Valor da media anual de concentración de radon por encima do cal non se considera apropiado que se produzan exposicións, aínda cando non se trate dun límite que non poida pasarse.

Soleira: Revestimento de chans naturais no interior dun edificio ou vivenda constituído por unha capa resistente de formigón en masa, de xeito que a superficie queda á vista ou con algún revestimento como acabado.

Sievert: Unidade de medida do efecto que produce un determinado nivel de radiación sobre o corpo humano.

Test de estanquidade: Test que avalía o nivel de permeabilidade das vivendas ou dos edificios. Para iso resulta necesario un ventilador colocado na porta principal do inmovble, que despresuriza (aínda que tamén pode presurizar) o interior deste e analiza a súa hermeticidade. Adoita utilizarse un único ventilador, aínda que en función do tamaño da construción pode necesitarse máis dun para realizar o ensaio.

Tiro natural: Desprazamento do aire ou dun gas da parte baixa á parte alta dun conduto de extracción ou cheminea. Prodúcese debido a que o aire quente, menos denso que o aire frío, tende a subir. O tiro tamén pode ser ocasionado por unha depresión na parte superior do conduto ou cheminea debida ao vento. O aire é aspirado desde a parte baixa á parte alta por esta depresión, o que crea o tiro.

Tiro inverso: É o movemento contrario ao tiro natural, é dicir, o aire ou o gas desprázase da parte máis alta á máis baixa do conduto ou cheminea e crea un movemento de aire desde o exterior ao interior.

7. Bibliografía

NORMATIVA

Directiva 2013/59/Euratom, do 5 de decembro de 2013, pola que se establecen normas de seguridade básicas para a protección contra os perigos derivados da exposición a radiacións ionizantes e pola que se derrogan as Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom.

Proxecto do regulamento sobre protección da saúde contra os riscos derivados da exposición ás radiacións ionizantes.

Proxecto de real decreto polo que se aproba o anexo II-sección HS6 do Documento básico de salubridade do Código técnico da edificación.

UNE-EN 13829:2002. Illamento térmico. Determinación da estanquidade ao aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador.

Normas básicas internacionais de seguridade para a protección contra a radiación e para a seguridade das fontes de radiación. Organización Mundial da Saúde. 1997.

PUBLICACIÓNS

Residential radon in Galicia: a cross-sectional study in a radon-prone area. J Radiol Prot. 2017 Sep; 37 (3): 728-741. Lorenzo González M, Ruano-Ravina A, Peón J, Piñeiro M, Barros-Dios JM. 2017

Programas de vigilancia radiolóxica ambiental. Consello de Seguridade Nacional (CSN). Colección Informes Técnicos. 2017.

El radon y sus efectos en la salud. Organización Mundial da Saúde. 2016.

A citizen's guide to radon. The guide to protecting yourself and your family from radon. EPA United States Environmental Protection Agency. 2016.

“Estrategias y criterios de actuación para evitar la presencia de radon en edificios”. Revista Tecnológica. CSCAE. 2016.

Manual de la OMS sobre el radon en interiores. Una perspectiva de salud pública. Organización Mundial da Saúde. 2015.

Técnicas de ventilación como medida de rehabilitación frente a la inmisión de gas radon en edificios y su repercusión en la eficiencia energética. Frutos Vázquez, Borja; Martín Consuegra Ávila, Fernando; Olaya Adán, Manuel; Sainz Fernández, Carlos. 2014.

Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia -Spain). *Eur Respir J.* 2014 Oct; 44 (4): 994-1001. Torres-Durán M, Ruano Ravina A, Parente-Lamelas I, Leiro-Fernández V, Abal-Arca J, Montero-Martínez C, Pena-Álvarez C, González-Barcala FJ, Castro-Añón O, Golpe-Gómez A, Martínez C, Mejuto-Martí MJ, Fernández-Villar A, Barros-Dios JM.

Impact of the geological substrate on the radiological content of Galician waters. D. Cortina, I. Duran, J. J. Llerena, R. Sorribas *Journal of Environmental Radioactivity.* Volume 116. 2013.

Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. A case-control study in Galicia, Spain. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2012 Jun; 21 (6): 951-8. Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A, Pérez-Ríos M, Castro-Bernárdez M, Abal-Arca J, Tojo-Castro M.

Radón y Cáncer de Pulmón. Universidade de Santiago de Compostela. Editado por Juan M Barros Dios e Mónica Pérez Ríos. 2012

El mapa del potencial del radon en España. Consello de Seguridade Nuclear (CSN). *Monografías. Mapas de radiación natural.*

Mapa de radón de Galicia. CSN en colaboración con USC/Laboratorio de Radón de Galicia e a Consellería de Sanidade/Dirección Xeral de Saúde Pública

Sistemas de extracción como técnicas constructivas para evitar la entrada de gas radon en las viviendas. Frutos Vázquez, B.; Olaya Adán, M.; J. L. Esteban, J. L. *Informes de la Construcción*, volume 63, 521, 23-36, xaneiro-marzo 2011.

Guía de la OMS para la calidad del agua potable. Organización Mundial da Saúde. 2011.

“An approach to the subslab depressurization remedial action in a high ²²²Rn concentration dwelling”. D. Cortina, I. Duran, J. J. Llerena, R. Sorribas. *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 101, issue 3. 2010.

Folla de información de saúde pública. O radon. Xunta de Galicia. 2010.

“²²²RN concentration in public secondary schools in Galicia (Spain)”. D. Cortina, I. Duran, J.J. Llerena, R Sorribas. *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 101, issue 11. 2010

“Protección frente a la inmisión de gas radon en edificios”. Consello de Seguridade Nuclear. *Colección Informes Técnicos*. Instituto de Ciencias da Construción Eduardo Torroja. Frutos Vázquez, Borja; Olaya Adán, Manuel. 2010.

Who. Handbook on Indoor Radon. A public health perspective. World Health Organization. 2010.

“Measurements of indoor radon concentrations in the Santiago de Compostela area”. D. Cortina, I. Duran, J. J. Llerena. *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 99, issue 10. 2008.

El gas radon como contaminante atmosférico. Quindós Poncela, Luis Santiago; Sainz Fernández, Carlos; Quindós López, Luis; Fuente Merino, Ismael; Luis Arteché, José. Grupo radon. Facultade de Medicina de Santander. Universidade de Cantabria. 2010.

Potabilización radiológica del agua de consumo humano. Consello de Seguridade Nacional (CSN). 2007.

Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*. 2005 Jan 29; 330 (7485):223. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomásek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R.

Estudio de la viabilidad y la efectividad de las acciones de remedio frente a la presencia de gas radon en los edificios existentes. Proyecto Plan Nacional (BIA2004-01460). Entidades participantes: IETc (CSIC) e Universidade de Cantabria. 2004-2007.

Concentraciones de radon en viviendas españolas. Otros estudios de radiación natural. Consello de Seguridade Nacional (CSN). 2004.

Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study. *Am J. Epidemiol*. 2002 Sep 15; 156 (6): 548-55. Barros-Dios JM, Barreiro MA, Ruano-Ravina A, Figueiras A.

Proyecto Marna. Mapa de radiación gamma natural. Consello de Seguridade Nacional (CSN). 2000.

Radon: un gas radioactivo de origen natural en su casa. Quindós Poncela L. S. Universidade de Cantabria. 1995.

PÁXINAS WEB

Organización Mundial da Saúde (OMS):

www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health

Public Health England (PHE):

www.ukradon.org

Government UK:

<https://www.gov.uk/government/collections/radon>

Building Research Establishment (BRE):

www.bre.co.uk/radon

European Radon Association (ERA):

www.radoneurope.org

United States Environmental Protection Agency (EPA):

www.epa.gov/radon

Radon News:

www.radonnews.org

Consello de Seguridade Nuclear (CSN):

www.csn.es/radon

Laboratorio de Radón de Galicia. Universidade de Santiago de Compostela (USC):

www.usc.es/saudep/info/radon/

www.usc.es/radongal/inicio/

Servicio de medida e mitigación de gas radón da USC. Departamento de Física de Partículas da USC. Universidade de Santiago de Compostela (USC):

<https://igfae.usc.es/radonlab/>

Cátedra de Física Médica. Departamento de Ciencias Médicas e Quirúrxicas.

Universidade de Cantabria:

www.elradon.com/web/



Xacobeo 2021

galicia



XUNTA
DE GALICIA