

Radó en els edificis

Un risc per a la salut que cal prevenir

Jordi Marrot / Imatges: Arxiu CAATEEB i imatges proporcionades per l'autor

El radó és un gas radioactiu, d'origen natural, que es produeix a partir de la desintegració radioactiva natural de l'urani. No té olor, color, ni sabor i el podem tenir present en l'interior dels edificis, essent la segona causa de càncer de pulmó en les persones. Què és? Com el podem detectar? Com mesurar-lo? Quines mesures preventives podem executar en els edificis? En aquest article en donem algunes pinzellades introductòries per poder-lo conèixer una mica millor.

■ Radiacions i radioactivitat

En primer lloc cal tenir present que convivim amb les radiacions des de l'origen de la Terra. Sense la radiació del Sol no hi hauria vida en el nostre planeta i sense la radiació infraroja no podríem escalfar-nos. Recordem que la radiació és l'emissió, propagació i transferència d'energia en qualsevol medi, en forma d'ones electromagnètiques o partícules. Com més gran és la freqüència de la radiació electromagnètica, major és la seva energia. Diem que la radiació és ionitzant quan la radiació que travessa la matèria té l'energia suficient que li permet convertir un àtom en un ió, a l'afegir-li o treure-li electrons. És per això que les ones o radiacions electromagnètiques es classifiquen en funció de la seva energia en radiacions ionitzants, que poden ser de quatre tipus:

- **Radiacions alfa** (α) que tenen molta massa però són poc penetrants. Un full de paper o la mateixa pell humana són suficients per protegir-nos dels seus efectes.
- **Radiacions beta** (β) que tenen



menys massa que les alfa però són una mica més penetrants. Poden traspasar un full de paper i entre un i dos centímetres de teixit viu, però no poden penetrar una làmina d'alumini.

- **Radiacions gamma** (γ) són bastant penetrants ja que travessen el full de paper i la làmina d'alumini. Per frenar-les cal una làmina de plom de gruix suficient.
- Els **neutrons alliberats** són un tipus de radiació molt penetrant. En no tenir càrrega elèctrica, els neutrons penetren fàcilment l'estructura de determinats àtoms i provoquen la seva divisió.

Quan algunes substàncies que tenen uns nuclis d'àtoms inestables es transformen espontàniament, mitjançant un procés de desintegració, emeten ones electromagnètiques o partícules de diversa naturalesa que alliberen energia, ho anomenem radioactivitat. Aquesta pot ser d'origen natural o d'origen artificial (provocada per l'home). Entre les naturals hi ha la radiació còsmica, les cadenes naturals de desintegració i les constituents de l'escorça terrestre. Entre les artificials hi ha la pluja radioactiva, les aplicacions industrials, energètiques i

mèdiques. En contra del que se sol pensar, la major part de la radioactivitat en la Terra és d'origen natural, entre el qual es troba el radó.

La radioactivitat va ser descoberta accidentalment per Henry Becquerel l'any 1896 i és per això, que la unitat amb què es mesura porta el seu nom. De la mateixa forma que fem servir el metre per a mesurar la longitud o el pascal per a mesurar la pressió, utilitzem el becquerel per mesurar la radioactivitat, amb el que es quantifica la quantitat de desintegracions per unitat de temps (segons).

1 Bq = 1 desintegració/s

La desintegració segueix una seqüència pel qual un radioisòtop inestable tard o d'hora emetrà radioactivitat per a convertint-se en un isòtop estable. Aquest segon podrà ser estable o també inestable (radioactiu), emetent radioactivitat per a transformar-se de nou en un altre nou isòtop estable. Cada membre de la cadena es desintegra del seu progenitor d'acord amb el seu període de semidesintegració. La seqüència s'anomena sèrie radioactiva, mode de decaïment o cadena de desintegració. El període de temps en què es produeix la desintegració pot durar uns segons, dies o anys. Aquest període és important per valorar el risc d'incidència o afectació als essers vius.

En el cas del radó pot tenir progenitors diferents i períodes de desintegració diferents:

- La del actinó ^{219}Rn provinent de la desintegració l'actini ^{235}U , té un període de semidesintegració de 3,92 segons.

- La del toró ^{220}Rn que prové de la sèrie de desintegració del tori ^{232}Th , té un període de semidesintegració de 54,5 segons.
- La del radó ^{222}Rn , provinent de la cadena de desintegració de l'urani ^{238}U , té un període de semidesintegració de 3,8 dies.

D'aquests tres isòtops del radó, el que té més significació radiològica és el ^{222}Rn , degut a què té un període de semidesintegració més alt (3,8 dies). Aquest fet fa que hi hagi un risc més alt d'afectació als essers vius. L'afectació es produeix per inhalació i per tant requereix que hi hagi una concentració important en l'aire. És per això que s'utilitza el becquerel per metre cúbic (Bq/m^3), com a unitat per mesurar la concentració de la radioactivitat en l'aire, essent aquesta utilitzada per a establir les recomanacions dels nivells de referència de concentració de radó a l'interior dels edificis.

■ Radó

El radó és un gas radioactiu d'origen natural que emana en determinats tipus de sòls, tot i que també pot ser provocada per determinats materials de construcció o per l'aigua extreta de pous en contacte amb aquests tipus de sòls. Les emissions del radó en l'aire lliure es dilueixen ràpidament amb concentracions molt baixes, que varien entre els $5 \text{ Bq}/\text{m}^3$ a $15 \text{ Bq}/\text{m}^3$ i és per això que



Figura 1: Domini litològic dels sòls a Espanya

no sol representar cap problema. En canvi, en espais tancats, les concentracions de radó són més elevades, especialment en llocs com mines subterrànies, coves i plantes de tractament d'aigües, que és on es registren els nivells més alts. En edificis (com habitatges, escoles i oficines), les concentracions de radó poden variar de $<10 \text{ Bq}/\text{m}^3$ fins a més de $10\,000 \text{ Bq}/\text{m}^3$.

El sòls silíceos, amb afloraments de formacions granítiques i pissaroses, són els sòls que plantegen un major risc d'emissions perquè són les que presenten exposicions de radiacions gamma més altes

($>14 \mu\text{R}/\text{h}$), mentre que els sòls calcaris amb roques sedimentàries d'origen marí i els sòls argil·losos amb roques sedimentàries d'origen continental presenten unes exposicions de radiacions gamma més baixes ($>4 \mu\text{R}/\text{h}$).

A Espanya els terrenys silíceos es localitzen principalment en la zona oest: Galícia, Extremadura, la part oest de les dues Castelles, Madrid i unes zones molt concretes d'Andalusia, mentre que a Catalunya es concentren en la zona del Maresme, Empordà i Pirineu.

■ Efectes del radó en la salut

El contacte tòpic, cutani i superficial amb les partícules radioactives de radó no són ofensives, però al respirar i/o inhalar-les, s'introdueixen en l'interior del cos i es dipositen en les cèl·lules que recobreixen les vies respiratòries, on poden danyar l'ADN i provocar càncer de pulmó. Segons l'OMS, el radó és la segona causa de càncer de pulmó després del tabac. Els estudis epidemiològics han demostrat convincentment una associació entre l'exposició al radó en interiors i el càncer de pulmó, fins i tot en nivells de radó relativament baixos. S'estima que la proporció dels casos de càncer de

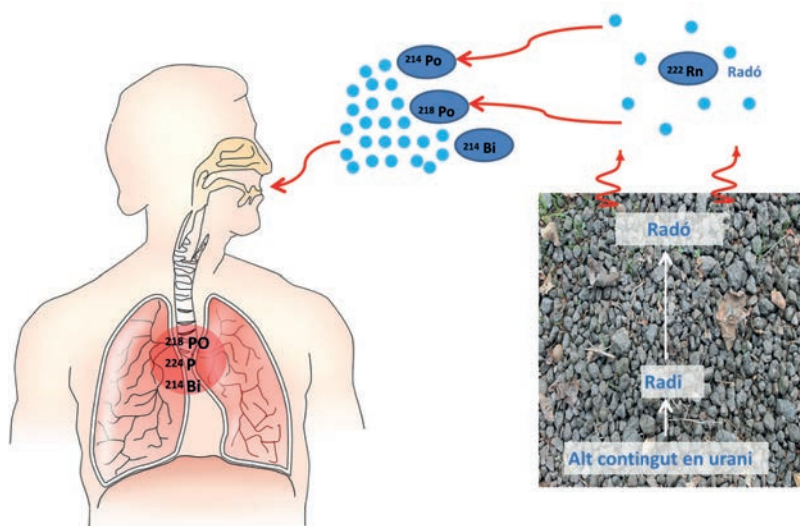


Figura 2: Efectes del radó en la salut

pulmó atribuïbles al radó respecte al total varia d'un 3% a un 14%, en funció de la concentració mitjana nacional de radó i de la prevalença de consum de tabac del país. Això és degut a què la probabilitat que el radó provoqui càncer de pulmó és més gran en persones que fumen. De fet, s'estima que el risc associat al radó que té un fumador és 25 vegades superior al dels no fumadors. Per altra banda el risc de càncer de pulmó augmenta en un 16% amb cada increment de 100 Bq/m³ de concentració mitjana de radó. La relació dosi-resposta és lineal: per exemple, el risc de càncer de pulmó augmenta de manera proporcional a l'augment d'exposició al radó.

■ Llindars d'exposició al radó

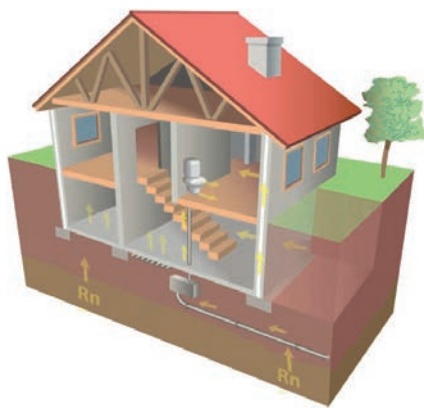
No es coneix la dosi mínima per sota de la qual l'exposició al radó no suposi cap risc. No obstant això, s'estima que com més baixa sigui la concentració de radó en l'interior d'un edifici, menor serà el risc de càncer de pulmó. La dosi de radiació absorbida per un ésser viu es mesura amb "sieverts" i quan es mesura en un material amb "gray", no obstant els llindars no s'estableixen en dosis sinó en emissions en l'aire.

Per fixar aquest llindars es realitzen estudis en laboratoris, exposant animals a diferents nivells de radiació i s'observa els efectes produïts en ells, així com en estudis epidemiològics duts a terme amb treballadors de mines, principalment d'urani.

A partir d'aquests estudis, la Comissió Internacional de Protecció Radiològica en les seves publicacions 39 i 65, va donar unes recomanacions sobre les concentracions de radó a partir de les quals s'haurien d'adoptar mesures de protecció.

■ Com entra el radó en els edificis?

El radó es filtra als edificis a través d'esquerdes en el subsòl, en la unió de la solera o paviment en contacte amb el sòl i els murs perimetrals, en



Imatge de fonts d'entrada del gas radó. (Font Consejo de Seguridad Nuclear)

espais al voltant de les canonades o cables, petits porus que presenten els paraments dels murs construïts amb blocs de formigó buits, càmeres ventilades en murs de tancament, col·lectors, baixants, desguassos, etc... En general, el radó sol aconseguir concentracions més elevades en les dependències ubicades en plantes soterrànies o les que estan en contacte directe amb el terreny.

La major exposició al radó en l'interior dels edificis depèn de:

- la quantitat d'urani que contenen les roques i el terreny del subsol.
- les vies que el radó troba per infiltrar-se en l'interior dels edificis.
- la taxa d'intercanvi d'aire entre l'interior i l'exterior, que depèn del tipus de construcció, els hàbits de ventilació dels seus habitants i l'estanquitat de l'edifici. En aquest sentit cal tenir present que una ventilació constant, com la que es produeix en els edificis passius, amb instal·lacions de ventilació mecànica, podent afavorir l'entrada d'un major flux de radó en l'interior dels edificis.

■ Com es pot mesurar el radó?

Hi ha diversos mètodes i aparells per mesurar la concentració de radó, que s'expressa en becquerels per metre cúbic. Uns són instantanis i utilitzen cèl·lules de centelleig per recollir mostres d'aire que s'analitzen posteriorment al laboratori. Altres utilitzen la propietat del carboni actiu per absorbir gasos i captar el radó existent en l'aire de les dependències. Finalment hi ha detectors en els que queden impressionades les traces degudes a la radiació alfa emesa pel radó i els seus descendents després d'un temps llarg d'exposició.

La utilització d'uns o altres depèn, bàsicament, dels objectius que es pretenguin assolir amb la mesura. En tot cas cal tenir present que a l'efectuar mesuraments a curt termini s'han de tenir en compte les variacions diàries i estacionals que té el radó així com els períodes en què els edificis estan menys ventilats (perquè les finestres no s'obren) ja que això comporta concentracions més elevades de radó. Un mesurament realitzat durant un període o temporada curta pot sobreestimar la concentració anual mitjana de radó. Anàlogament, un mesurament de radó a curt termini realitzat durant un període en què l'habitatge està més ventilat (amb obertura de finestres) pot subestimar substancialment la concentració anual mitjana de radó. És per això que són preferibles els dispositius que proporcionin un mesurament de radó integral a llarg termini, quan el que es persegueix és avaluar la concentració anual mitjana

Tipus de detector	Passiu/actiu	Període de mostreig típic	Cost
Detector de traces per partícules (DTPA)	passiu	1-12 mesos	baix
Detector de carbó activat (DCA)	passiu	2-7 dies	baix
Camara iònica d'electret (CIE)	passiu	5 dies - 1 any	mig
Dispositiu d'integració electrònic (DIE)	actiu	2 dies - any(s)	mig
Monitor continu de radó (MCR)	actiu	1 dia - any(s)	alt

de radó en l'interior d'un edifici. Cal assenyalar, però, que les concentracions anuals de radó en un mateix habitatge poden variar d'un any a un altre i també poden variar segons la climatologia.

Els mesuraments de radó realitzats en habitatges particulars han d'aspirar a obtenir una estimació fiable de l'exposició de les persones amb un cost reduït. L'elevada variabilitat temporal del radó interior, en moltes zones geogràfiques, fa que els mesuraments a curt termini resultin poc fiables per a aquestes aplicacions, excepte en casos en què s'espera trobar concentracions de radó extremadament altes. En alguns països, els mesuraments realitzats en diferents estacions de l'any s'ajusten per estimar una concentració anual mitjana de radó a partir de les variacions estacionals «típiques». A més, en ocasions s'utilitza un únic mesurament en una estada en la qual s'espera que el radó arribi a la seva màxima concentració per estimar la concentració de radó en el conjunt de l'habitatge. En d'altres països, els mesuraments de radó s'inclouen en una avaluació estàndard de la seguretat de l'habitatge que es porta a terme abans d'una compravenda de forma similar a la que fem en el nostre país amb la certificació energètica. Tot i que les operacions de compravenda immobiliària constitueixen una oportunitat per avaluar els riscos associats a un immoble, la pressió per tancar la venda interfereix sovint amb una avaluació precisa del risc potencial per radó.

En països com els Estats Units, on són habituals les proves de radó en les transaccions immobiliàries, generalment s'empren diversos mesuraments a curt termini realitzades una al costat d'una altra en una única ubicació. Aquests documents han de ser emesos per professionals amb una formació i experiència certificada i autoritzada per l'agència de protecció mediam-



Figura 4- Dispositiu electrònic de mesurament del radó en interiors



Figura 5 - Monitor continu de control del radó

País	Tipus de mesuraments
Finlàndia i Suècia	Recomanen realitzar els mesuraments durant la temporada d'ús de les calefaccions (d'octubre a abril), període en el qual es pot esperar una major concentració de radó en interiors.
Irlanda i el Regne Unit	Els mesuraments de radó es duen a terme en qualsevol període de tres mesos i s'apliquen factors de correcció estacionals.
Itàlia	En general els mesuraments es duen a terme durant un any per evitar les incerteses associades a les variacions estacionals.
Estats Units	La majoria dels mesuraments es realitzen amb ocasió de la compravenda d'habitatges, de manera que el més habitual és que es tracti de mesuraments a curt termini.

biental dels Estats Units (UJSEPA). En el quadre adjunt es mostren les pràctiques habituals de mesurament en alguns països on aquests estan molt més consolidats.

■ Història i regulació preventiva del radó a Espanya

En el segle XVI ja apareixen dades d'una major mortalitat per malaltia respiratòria, en determinats grups de treballadors de mines subterrànies de l'Europa Central, però no es va saber que la malaltia en qüestió era càncer de pulmó fins al segle XIX. En

el segle XX, van aparèixer les primeres sospites que la causa principal era el radó i en la dècada dels 50 es va confirmar plenament la relació causal entre el radó i el càncer de pulmó. Malgrat això, la comprensió de les fonts de radó i dels mecanismes de transport del radó ha evolucionat al llarg de diverses dècades. En la dècada dels 60 es van observar concentracions elevades de radó en l'aigua per a consum humà i usos domèstics procedent de pous perforats. Inicialment, la preocupació sobre el radó present en l'aigua es va centrar en els efectes per a la salut

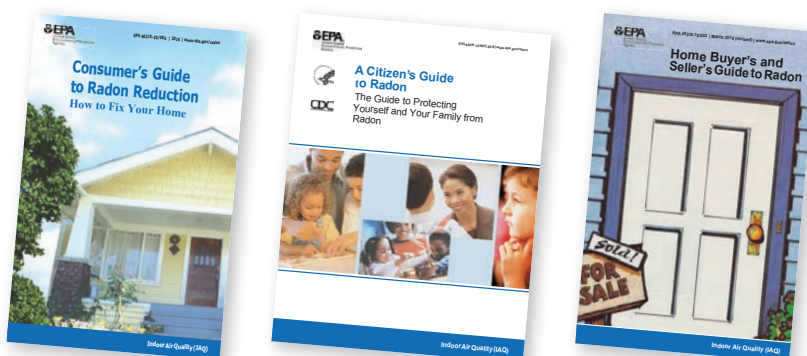


Figura 6 - Documents publicats per la l'agència de protecció mediambiental dels Estats Units - USEPA

provocats per la ingestió de l'aigua. A mitjans de la dècada dels 70 es va trobar que l'emanació de radó dels materials de construcció constituïa un problema en determinades zones a causa a l'ús de esquistos aluminosos amb nivells elevats de radi. L'any 1978 es van identificar cases en què la concentració interior de radó no estava associada al transport d'aigua de pou, ni a emanacions procedents dels materials de construcció i la infiltració de gasos del sòl va passar a reconèixer-se com la font més important del radó en interiors.

L'any 1979, l'Organització Mundial de la Salut va dirigir per primera vegada l'atenció sobre els efectes en la salut per l'exposició al gas radó en l'interior dels edificis, a través d'un grup de treball europeu sobre la qualitat de l'aire. L'any 1988, el gas radó va ser classificat com cancerigen humà pel CIIC, que és l'organisme especialitzat en recerca oncològica de l'OMS. L'any 1993, l'OMS va organitzar un taller internacional sobre el radó en interiors, per tal d'unificar l'enfocament, controlar l'exposició al radó i assessorar sobre la comunicació dels riscos de salut associats. L'any 2005, l'OMS va crear el Projecte Internacional del Radó, destinat a identificar estratègies eficaces per reduir l'impacte del radó sobre la salut i conscienciar al públic general i als responsables polítics sobre les conseqüències d'una exposició prolongada al radó. Tot això va confluïr en un manual sobre el gas radó en interiors que va publicar l'any 2009. Aquest manual està plantejat en una perspectiva de salut pública i ofereix propostes normatives destinades a reduir els riscos per a la salut derivats de l'exposició al radó en els edificis amb els següents punts:

- Proporcionar informació sobre les concentracions de radó en interiors i els riscos conxexos per a la salut.
- Implantar programes nacionals

per reduir el risc general de la població i el risc individual de les persones que viuen en entorns amb concentracions elevades de radó.

- Establir un nivell de referència mitjà anual nacional de 100 Bq/m³. Quan aquest nivell nacional no pugui aconseguir-se a causa de les condicions específiques de cada país, el nivell que s'estableixi no hauria de superar els 300 Bq/m³.
- Incloure mesures en les normatives de construcció, destinades a prevenir els efectes del radó per tal de reduir la concentració de radó en els edificis de nova edificació, i en els programes

per garantir que els nivells siguin inferiors als nivells nacionals de referència.

- Establir protocols de mesurament del radó per vetllar per la qualitat dels mesuraments.

Amb aquests precedents el Consell de Seguretat Nuclear (CSN) que és qui té les competències a l'Estat espanyol sobre seguretat radiològica, va engegar un projecte de mesuraments durant els anys 2009-2012 anomenat '10x10 radón' amb el que es va elaborar un mapa del radó a Espanya. Amb aquesta finalitat es van realitzar més de 8000 mesuraments, creant una malla de 10 km x 10 km de costat amb el que es va cobrir tot el territori espanyol.

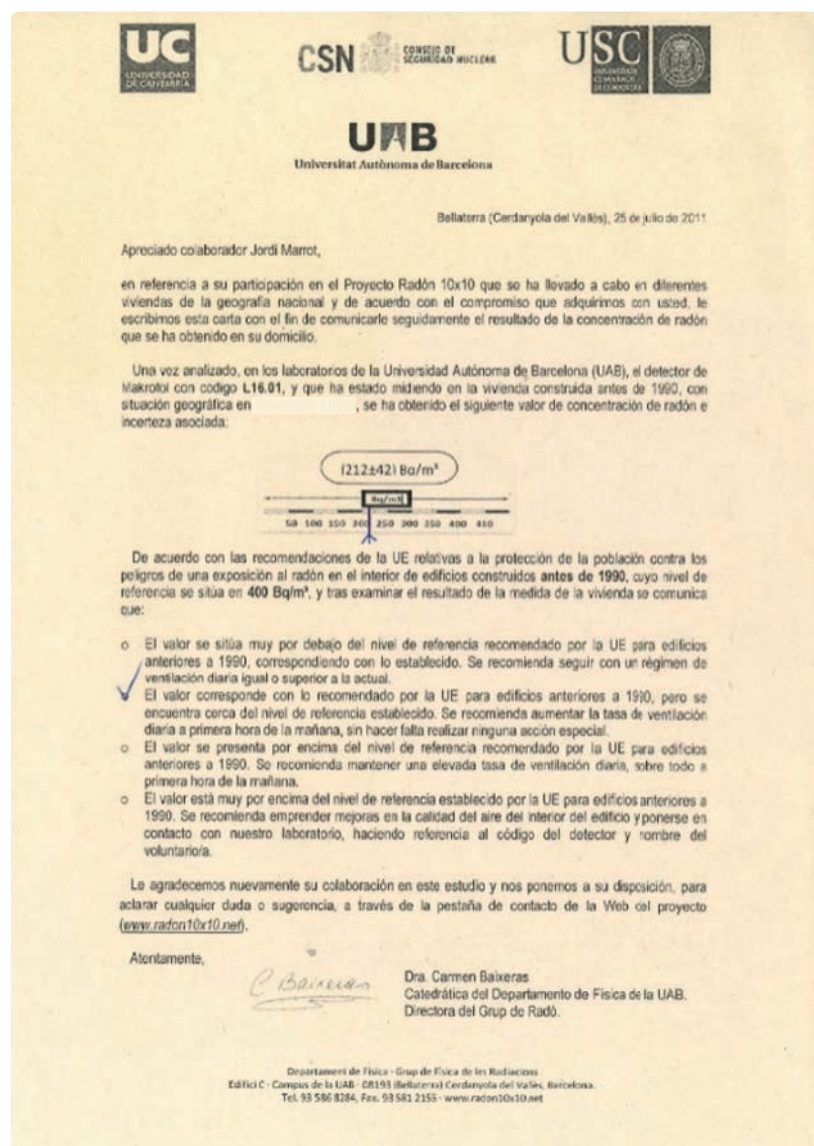


Figura 7- Informe projecte 10x10 Radó 2011

El 5 de desembre del 2013 la Comissió Europea va publicar la Directiva Europea 2013/59 del consell Euratom, per la qual s'establen les normes de seguretat bàsiques per a la protecció contra els perills derivats de l'exposició a radiacions ionitzants.

Aquesta Directiva estableix en el seu article 103, l'obligació que cada estat membre elabori un Pla d'acció per a fer front als riscos per exposició al radó en els habitatges, edificis d'accés públic i llocs de treball, per a qualsevol via d'entrada del radó, ja sigui el sòl, els materials de construcció o l'aigua. A l'estat espanyol aquest pla encara no s'ha elaborat, tot i que la transposició de la directiva finalitzava el passat 6 de febrer de 2018.

Durant aquest temps s'ha creat un grup interministerial per a la transposició de la Directiva, la qual està integrada pels Ministeris de Sanitat, Serveis Socials i Igualtat, d'Ocupació i Seguretat Social, i de Foment, conjuntament amb el Consell de Seguretat Nuclear. També s'han publicat diversos mapes on es reflecteix la localització del potencial de gas radó, les zones amb major radiació gamma natural, la zonificació per municipis del radó, etc...

La mateixa Directiva Europea 2013/59 estableix en l'article 74, que els estats membres han d'establir els nivells nacionals de referència per a les concentracions de radó en recintes tancats, indicant que hauran de ser per a la mitjana anual



Figura 8- Mapa de zonificació d'actuació prioritària. (Font Consejo de Seguridad Nuclear)

de concentració d'activitat en l'aire i no superar els 300 Bq/m³. Amb relació a aquest apartat, el Ministeri de Foment va publicar el dia 29 de juny del 2018, l'inici dels tràmits d'audiència i informació pública per la modificació del document bàsic DB HS-6 del CTE, per incorporar una nova secció "Sección HS 6 Protección frente a la exposición al radón" i la modificació de la part I del CTE (Capítol 3. Article 13, paràgraf 3), on s'inclourà la nova exigència reglamentaria per a que els edificis disposin dels mitjans adequats per a limitar el risc previsible d'exposició inadequada al radó procedent del terreny en els recintes tancats.

Aquest nou document estableix un nivell de referència per a la mitjana anual de concentració de radó a l'interior dels edificis de 300 Bq/

m³, així com les mesures de protecció davant l'exposició que s'hauran d'implementar en els edificis en funció de la zona a la que pertany el municipi on s'ubica el mateix. També planteja l'obligatorietat d'implementar aquestes mesures específiques de protecció en aquells municipis en què hi hagi una probabilitat significativa de què els edificis que s'hi construeixin presentin concentracions superiors al nivell de referència establert. El llistat de municipis es correspon amb l'establert pel Consell de Seguretat Nuclear i que va ser elaborat amb base a les campanyes de mesuraments realitzats durant els anys 2009-2012. En el llistat s'hi classifiquen els municipis en dos zones, en funció del nivell de risc, establint-se les mesures de prevenció que depenen

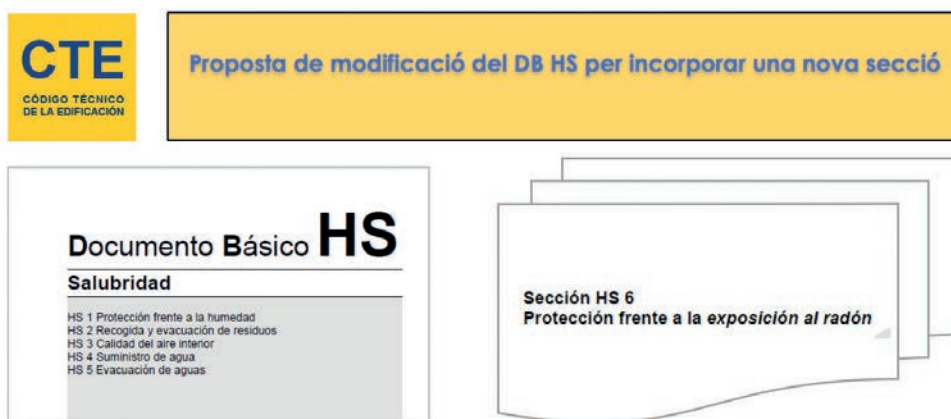


Figura 9- Modificació del document bàsic DB-HS

de la zona al qual pertany el municipi en què es situa l'edifici.

Aquesta nova secció serà aplicable a qualsevol edifici de nova construcció, independentment del seu ús (residencial o terciari), així com en les intervencions en edificis existents següents:

- en ampliacions, a la part nova
- en canvi d'ús, ja sigui característic de l'edifici o d'alguna zona del mateix
- en obres de reforma, quan es realitzin modificacions que permetin augmentar la protecció davant del radó o alterin la protecció inicial.

Les mesures de protecció es basen en dos aspectes fonamentals:

- Utilitzar barreres de protecció capaces de mitigar l'entrada de radó procedent del terreny a l'interior de l'edificació.
- Utilitzar sistemes capaços de reconduir el radó a l'aire lliure per evitar que penetri a l'interior de les edificacions, bàsicament, mitjançant sistemes de ventilació dels espais situats entre les zones habitables de l'edifici i el terreny (com la càmera sanitària o plantes baixes no habitables) o sistemes de despressurització del terreny ubicat sota l'edifici.

Per aconseguir una reducció del risc d'exposició al radó ens apareixen unes noves mesures que caldran implementar en els edificis d'obra nova i unes mesures de mitigació en els edificis existents que seran d'ampli abast.

Zones	Obra nova*
Zona I	Barrera de protecció/cambra sanitària ventilada
Zona II	Barrera de protecció + cambra ventilada (natural o mecànica)
	Barrera de protecció + despressurització del terreny**

* Per als edificis existents és aplicable el criteri de flexibilitat del CTE, podent-se aplicar, si escauen solucions que permetin el major grau d'adequació possible.

** La despressurització del terreny es basa en confinar o pressuritzar el gas radó sota el paviment en contacte amb el sòl i despressuritzar-lo mitjançant un sistema de pericons i/o tubs per extreure el gas radó a l'exterior mitjançant una extracció natural amb aspiració mecànica, preferentment a coberta.

■ Epíleg

Per aconseguir una reducció del risc d'exposició al radó en els edificis ens apareixen unes noves mesures que caldran implementar en els edificis d'obra nova i unes mesures de mitigació en els edificis existents que seran d'ampli abast. Aquest fet suposarà un esforç de sensibilització, assessorament i d'informació al ciutadà i paral·lelament s'obra un nou repte pel sector de l'edificació que caldrà afrontar amb el màxim rigor professional, essent una situació especialment sensible en els edificis existents, ja que és on viu, estudia o treballa la major part de la població. Això no és nou per al nostre sector, ja que als anys 90 va haver d'afrontar uns reptes similars, com

van ser la diagnosi i intervenció en sostres amb presència de ciment aluminós o amb el desamiantat de molts elements constructius presents en els edificis.

En tot cas, i de la mateixa forma que es va fer en aquella ocasió caldrà que els professionals del sector es formin en aquests àmbits, podent-se obrir nous nínxols de mercat i camps per a l'especialització professional.

Caldrà doncs, estar amatents a la nova secció del document bàsic DB HS que finalment es publiqui, així com als canvis que tot aquest repte comportarà per al nostre sector. ■

L'autor. Jordi Marrot és arquitecte tècnic col·legiat 8.208 i responsable de la Unitat de Rehabilitació i Medi Ambient del CAATEEB

Referències:

- 90/143/Euratom: Recomanació de la comissió, de 21 de febrer de 1990, relativa a la protecció de la població contra perills d'una exposició al radó a l'interior d'edificis, DOUE L80 § 26 a 28 (1990)
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública. Recuperat de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671_spa.pdf?ua=1
- Frutos, B. y Olaya, M. (2010). Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios. Recuperat de www.csn.es/documents/10182/27786/INT-04.20+Protecci%C3%B3n+frente+a+la+inmisi%C3%B3n+de+gas+rad%C3%B3n+en+edificios
- Directiva 2013/59 / Euratom del Consell de 5 de desembre de 2013, per la qual s'estableixen normes de seguretat bàsiques per a la protecció contra els perills derivats de l'exposició a radiacions ionitzants, i es deroguen les Directives 89/618 / Euratom, 90/641 / Euratom, 96/29 / Euratom, 97/43 / Euratom i 2003/122 / Euratom, DOUE L13 § 1 a 73 (2014)
- Llistat de laboratoris acreditats per a mesurar radó en aire segons la norma ISO-IEC 17025, publicat pel Consejo de Seguridad Nuclear. Recuperat de www.csn.es/documents/10182/1010776/Listado+de+Laboratorios+acreditados+para+medir+rad%C3%B3n+en+aire+seg%C3%B3n+norma+ISO-IEC+17025+2C+ubicados+en+Espa%C3%B1a+o+con+distribuidores+en+Espa%C3%B1a+-+Noviembre+2018