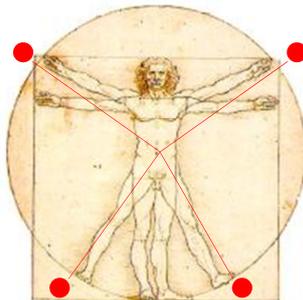


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN XVI. AÑO 2019

SEPARATA



INVESTIGACION SOBRE LA INCIDENCIA DEL GAS RADÓN EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA Y POSIBILIDADES DE REMEDIACION

José Ramón Gómez Lameiro



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: José Ramón Gómez Lameiro
Junio, 2019.

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*
Escuela Politécnica Superior.
Universidad Alfonso X el Sabio.
28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).
ISSN: 1696-8085
Editor: Javier Morales Pérez – tecnologia@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

INVESTIGACION SOBRE LA INCIDENCIA DEL GAS RADÓN EN LA VIVIENDA CONSTRUIDA Y POSIBILIDADES DE REMEDIACION

José Ramón Gómez Lameiro

Ingeniero de Edificación

Tlf: +56 9 50143625/ +34 647647159, email: moncho.lameiro@constructorasanjose.com

RESUMEN: Estamos expuestos a agentes externos en nuestra vida diaria, como son las radiaciones solares, el frío, y la lluvia; para ello nos protegemos con gafas, cremas, ropas e impermeables. Estas protecciones nos ayudan a llevar una vida más sana y placentera. ¿Pero qué ocurre con los agentes externos que no vemos, sentimos, ni olemos y, sin embargo hoy, tenemos conocimiento de su existencia, formas de medirlos para saber en dónde se encuentran y, su acción dañina sobre nuestra salud?

El gas radón es uno de ellos, para lo cual tenemos que tomar las medidas necesarias para combatirlo, debido a su naturaleza radiactiva, allá en donde se encuentre y nuestra vida se desarrolle en su entorno, como son nuestras viviendas y nuestros centros de trabajo y estudios, en los cuales pasados un largo tiempo de nuestras vidas.

Este trabajo pretende dar a conocer las soluciones adoptadas en una vivienda real para mitigar la concentración de gas radón en su interior

PALABRAS CLAVE: Salud Pública Radón, Mitigación Radón, Radón Viviendas.

ABSTRACT: We are exposed to external agents in our daily life, such as solar radiation, cold, and rain; For this we protect ourselves with glasses, creams, clothes and waterproofs. These protections help us lead a healthier and more pleasurable life. But what happens to the external agents that we do not see, feel, or smell, and yet today we have knowledge of their existence, ways of measuring them to know where they are and their harmful action on our health?

Radon gas is one of them, for which we have to take the necessary measures to combat it, due to its radioactive nature, wherever it is and where our life develops in its environment, such as our homes and our workplaces and Studies, in which we spent a long time of our lives.

This work aims to show the solutions adopted in a real home to mitigate the concentration of radon gas inside.

KEY-WORDS: Radon Public Health, Radon Mitigation, Radon Housing.

SUMARIO: 1. Introducción 2. Grado de innovación que se pretende 3. Objetivos e hipótesis 4. Metodología 5. Conclusiones 6. Bibliografía básica.

1. INTRODUCCIÓN O ANTECEDENTES

El radón es un gas invisible, inodoro, insípido y radiactivo. Es un carcinógeno y su exposición a largo plazo puede causar cáncer. Se produce de forma natural por la descomposición de uranio en rocas ígneas, suelo y agua. Los seres humanos pueden inhalar o ingerir radón si está presente en los materiales, pozos de agua, aguas subterráneas, el suelo o la construcción de sus viviendas y edificios en general.

En la figura 1.1 puede observarse los porcentajes de radiación a los que podemos estar sometidos en nuestra vida diaria.

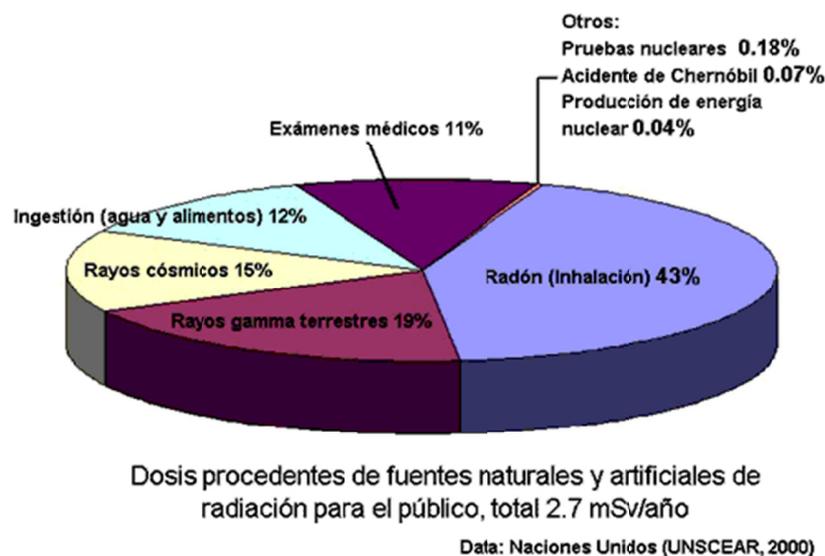


Figura 1.1. Fuentes de Radiación.

Está demostrado que, la inhalación de gas radón se ha considerado un importante agente cancerígeno y se considera como la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón (EB107), debido a que la radiación que produce su desintegración puede alterar el ADN de los tejidos pulmonares.

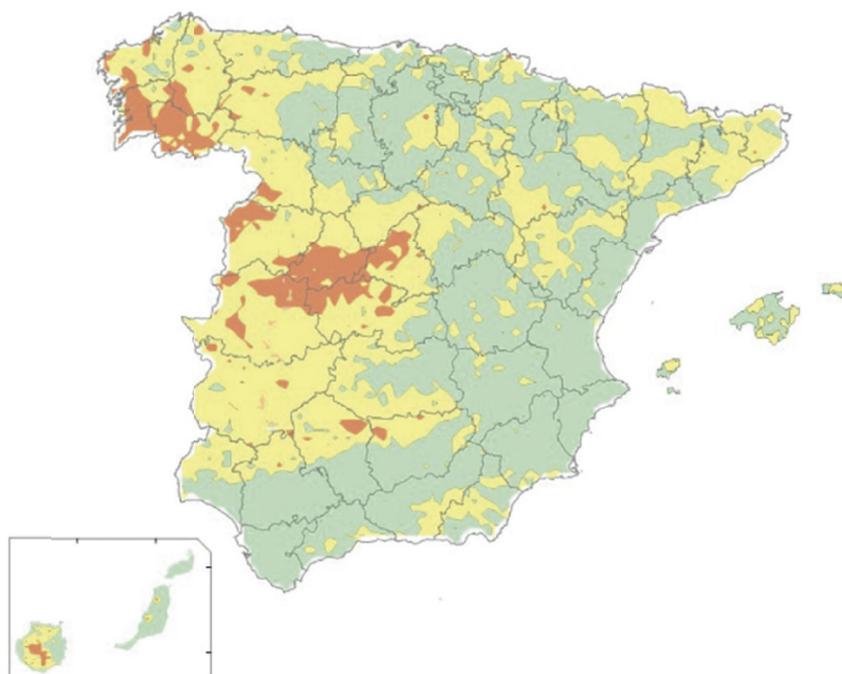
Dónde se encuentra y forma de prevenirlo.

La vivienda que forma parte de este trabajo está situada en el noroeste de España, en la cual se va a llevar a cabo el estudio de investigación por ser ésta una región con un terreno mayoritariamente granítico, siendo uno de los terrenos más proclives a acumular gas radón

y, como consecuencia, hay zonas con altas concentraciones, según se puede ver en la figura 1.2.

EL MAPA DEL RADÓN EN ESPAÑA

■ Exposición alta ■ Exposición media ■ Exposición baja



Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear. EL PAÍS

Figura 1.2. Mapa de Exposición al Radón en España.

Debido a las consecuencias nocivas de la presencia de este gas en altas concentraciones y conociendo las ubicaciones donde se hace patente, resulta necesario, para beneficio de la salud pública, que se adopten soluciones constructivas que intenten mitigar su concentración y bajarla de los límites que se consideran perjudiciales para la salud.

2. GRADO DE INNOVACIÓN QUE SE PRETENDE

Estamos expuestos a agentes externos en nuestra vida diaria, como son las radiaciones solares, el frío y la lluvia; para ello nos protegemos con gafas, cremas, ropas e impermeables. Estas protecciones nos ayudan a llevar una vida más sana y placentera.

¿Pero qué ocurre con los agentes externos que no vemos, sentimos, ni olemos y, sin embargo hoy, tenemos conocimiento de su existencia, formas de medirlos para saber en dónde se encuentran y, su acción dañina sobre nuestra salud?

El gas radón es uno de ellos, para lo cual tenemos que tomar las medidas necesarias para combatirlo allá en donde se encuentre y nuestra vida se desarrolle en su entorno, como son nuestras viviendas y nuestros centros de trabajo, en los cuales pasamos un largo tiempo de nuestras vidas.

Se sabe que curar a un enfermo de cáncer de pulmón cuesta mucho dinero a las arcas públicas, aparte de las posibilidades que haya de éxito en la cura del enfermo, que tendrá que volver a su vivienda a recibir más dosis de su propio enemigo, el gas radón. En la figura 2.1 puede apreciarse como por inhalación nos va perjudicando en nuestras vías respiratorias el gas radón, dando pie a un posible cáncer de pulmón.

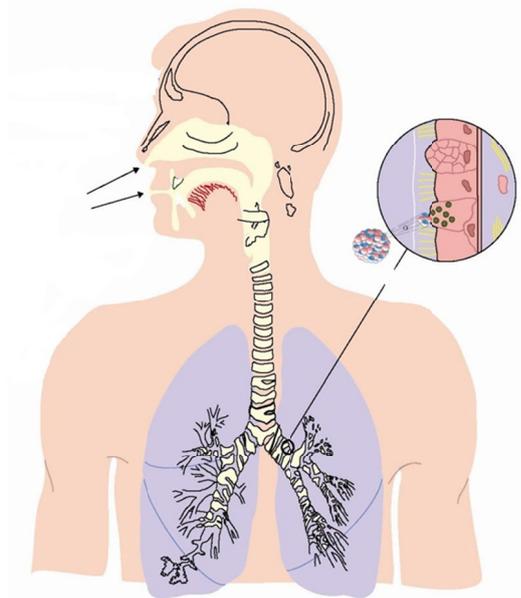


Figura 2.1.Efectos del Radón por inhalación.

Con esta investigación, se pretende demostrar, y dar a conocer, que la aplicación de posibles medidas correctoras en la vivienda, ayudan a minimizar los riesgos de padecer cáncer de pulmón, debido a la inhalación del gas radón concentrado en el interior de la vivienda y, como consecuencia de ello un ahorro importante para las arcas públicas y, ni

que decir tiene, salvar vidas humanas, las cuales, no tienen precio. En la figura 2.2 se puede apreciar que la solución de protección individual, no sería la más aconsejable.



Figura 2.2. Posible convivencia con el gas Radón.

En España solo existe un ensayo de normativa que se ha dirigido al sector empresarial para fijar las condiciones del entorno laboral, dejando sin atención al sector en el que se desarrolla la mayor parte de la vida de las personas, que es el sector de la vivienda, guarderías y centros de estudios en los cuales pasamos un tiempo importante de nuestra vida.

Para ello, es necesario adentrarse en el estudio de soluciones, constructivas y tecnológicas a aplicar, para evitar o mitigar la concentración de gas radón en el interior de los espacios habitables con larga estancia.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Al igual que la vestimenta nos protege, así debemos vestir nuestra vivienda y lugares de larga estancia, donde la concentración del gas radón supere los índices perjudiciales para la salud pública. Estos lugares, han sido y son, hoy por hoy, los que nos dan cobijo, para vivir, trabajar y estudiar en mejores condiciones, ya sea individual o colectivamente.

Un traje nos protege individualmente, pero también tenemos que protegernos colectivamente, y para ello, tenemos que vestir a esos lugares, salvando así más vidas humanas. Ello supondrá un menor coste comparado con el que habrá que tener para curar de cáncer de pulmón a las personas que han pasado una gran parte de su vida expuestos en esos lugares a una alta concentración de radón por encima de las indicadas para una vida saludable.

Al igual que vamos a consultarnos con el médico, habrá que consultar con los especialistas en el tema, sobre gas radón, para que nos haga un diagnóstico de la vivienda, guarderías, lugar de estudios y trabajo realizando las medidas necesarias para obtener un diagnóstico, y después proceder a su tratamiento en función de la concentración de gas radón que se haya detectado y que mejor se adapten a lo ya construido. En la figura 3.2 se muestra que hay que realizar mediciones para conocer la concentración de gas radón y posteriormente con los resultados recurrir a un especialista en edificación para valore la situación y nos emita el diagnóstico.

4. METODOLOGÍA

Con el diagnóstico obtenido, se recurrirá a una empresa que pueda realizar los trabajos y con un seguimiento técnico realizando las mediciones y comprobando los resultados de mitigación que se van obteniendo en función de las correcciones que se van realizando. Una vez conseguidos los resultados obtenidos, podemos estar satisfechos por haber combatido al gas radón y con ello colaborar a salvar vidas y aportar una convivencia familiar más sana, gracias al aporte obtenido de la investigación, la cual se lleva a cabo en este trabajo en la vivienda ya construida, como un hecho real y, que así sea el camino a seguir por los demás.

La vivienda en estudio, consta de un forjado sanitario, aislado en su parte inferior con planchas de poliestireno extruido de 40 mm de espesor y 40 kg/m³ de densidad, solapado a media madera en todo su perímetro, pegada con material de silicona y anclada con taco expansivo de plástico según indicaciones del fabricante. Esta barrera aislante, en combinación con el forjado, ayuda en la mitigación al paso del gas radón debido a que evita saltos térmicos por diferencias de temperatura con el interior de la vivienda reduciendo la migración del gas radón hacia el interior de la vivienda. (Figura 4.1)



Figura 4.1. Aislamiento de forjado sanitario con planchas de poliestireno extruido.

Primer paso:

Se realizan perforaciones de 15 cm de diámetro, con maquina taladradora saca testigos, con inclinación hacia la cámara sanitaria existente bajo el forjado sanitario teniendo la precaución previa de no dañar el nervio de atado del apoyo perimetral del forjado existente. Para ello se ha realizado con anterioridad el análisis exhaustivo de cómo estaba hecha la construcción.

Estas perforaciones se realizan a nivel de suelo exterior en las fachadas sur y oeste, ya que la vivienda lo permite, para que haya una mejor corriente del aire. (Figura 4.2)

Aplicada esta corrección y comprobando con humo que hay poco movimiento del aire en el interior de la cámara sanitaria, se procede a realizar nuevas perforaciones en fachada y a distinto nivel.



Figura 4.2. Sistemas de perforación, para ventilación de la cámara sanitaria y permitir la salida del Gas Radón concentrado en su interior.

Como la construcción existente está enclavada, por debajo el nivel del terreno y en pura excavación de roca realizada con explosivos, en sus fachadas norte y este y, el forjado de la planta baja supera la altura del terreno en esas fachadas, gracias a un patio ingles que las rodea, se procedió a hacer las perforaciones a nivel bajo forjado del techo de la planta baja, según se muestra en la figura 4.3.

Estas perforaciones a distinto nivel se han podido realizar porque el cerramiento interior de las fachadas está construido separado de los muros de contención, que a su vez soportan el

cerramiento exterior de cantería que soporta los forjados perimetralmente. El aislamiento térmico de la cámara de aire está adosado al tabique interior para evitar también posibles entradas de agua hacia el interior de la vivienda.

Esta solución constructiva genera una cámara de aire desde el forjado sanitario, la cual nos permite utilizarla como chimenea en todo el perímetro de ambas fachadas.

Con estas perforaciones a distinto nivel, debido al efecto de succión del aire, por estar a distinto nivel y con distinta orientación, respecto de las realizadas a nivel de suelo, permite obtener unos resultados satisfactorios de mitigación de la concentración del gas radón en la cámara sanitaria de la vivienda en planta baja, por las corrientes de aire que se generan y al mismo tiempo se han eliminado las condensaciones.



Figura 4.3. Ventilación natural en fachada Norte.

La pregunta a esta solución de utilizar la cámara de aire de facha como chimenea sería: ¿Qué pasa con el tabique interior de la cámara al estar contacto de aire cuando sube hacia las perforaciones más altas? En este caso y debido al análisis previo realizado, nos encontramos con la ventaja de que el aislamiento térmico de fachada, formado por dos planchas adosadas de poliestireno con solape perimetral machihembrado en ambas planchas extruido sola se encuentra adosado al tabique interior de la cámara de aire del cerramiento

exterior de la vivienda, como aislamiento térmico, y que a su vez ayuda al aislamiento de la entrada del gas radón y evita las condensaciones.

Las correcciones realizadas hablan por sí solas. Con la solución de ventilación de la cámara sanitaria a distinto nivel, los valores de mitigación se reducen en un porcentaje mayor debido a las corrientes de aire que ventilan constantemente la cámara sanitaria y aprecia como el humo desaparece de su interior por el efecto chimenea.

El movimiento del aire arrastra consigo las partículas de gas radón que se encuentran en él.

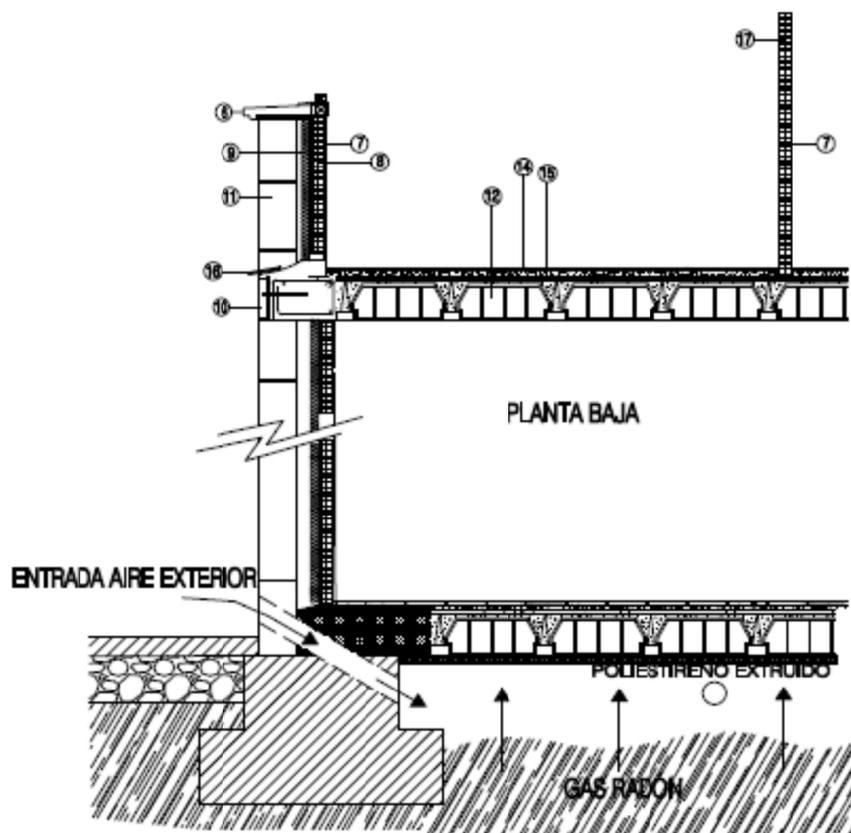


Figura 4.4. Detalle constructivo. Ventilación cámara sanitaria.

5. CONCLUSIONES:

Lo primero que hay que hacer es tomar medidas “in Situ” en aquellas viviendas ya construidas y que se encuentran en una zona, ya de por sí, afectadas por el gas radón. (Figura 5.1. Muestra de un equipo de medición)



Figura 5.1. Equipo detector para medir Gas Radón en continuo, modelo “AlphaGuard”

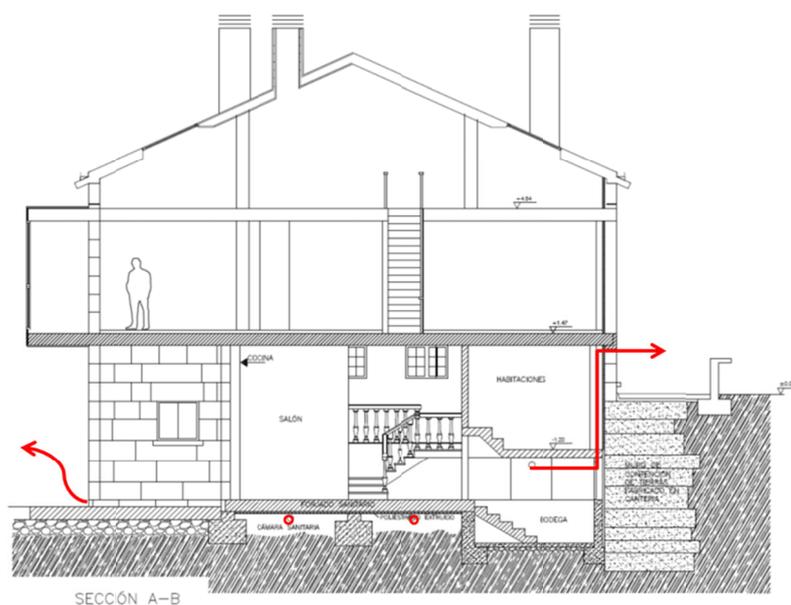


Figura 5.2. Ventilación inferior y superior a través de la cámara de aire del cerramiento de fachada.

En la Figura 5.2, se puede apreciar el movimiento de aire desde la parte baja a la superior, produciendo una succión hacia el exterior del aire almacenado en la cámara sanitaria. Con ello se consigue por convección la salida al exterior de gas radón en suspensión en el interior de cámara sanitaria y una renovación del aire, bajando la concentración de gas radón que fluye del subsuelo.

En obras existentes, y con concentraciones superiores a las permitidas, se procederá como ya se ha descrito anteriormente, en la vivienda que da estudio a este trabajo, siempre que reúna unas características de construcción similares. Habrá que estudiar previamente cada caso.

Al igual que hoy en día se instalan alarmas para evitar intrusiones en la vivienda, para concentración de gases en cocina mediante “shunts” al exterior, al igual en los baños, etc., deberían tenerse, en las zonas consideradas con presencia del gas radón, unos detectores de gas radón que cuando la concentración de gas radón supere la medida establecida, nos aporte una alarma de aviso para tomar las medidas necesarias de ventilación en ese momento de alarma. Hoy la tecnología lo permite, y con ello, dar una mejor calidad de vida y salud pública.

Se dice que “una imagen vale más que mil palabras” y, por eso este trabajo pretende dar a conocer las correcciones adoptadas, y que ya fueron contrastadas en otras investigaciones experimentales (Tesis Doctorales de los doctores Borja Frutos y Antonio Rodríguez), en una vivienda real, permitiendo así, dar a conocer que las soluciones a adoptar no son demoleadoras ni alarmantes y, con ello, sensibilizar a las personas para que vean que la cura al gas radón es posible y fácil de realizar. No hay que tenerle miedo al gas radón y tomar las medidas necesarias para alejarlo de nuestro hogar y centros de trabajo, para una mejora de nuestra salud pública.

6. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Andersen, C. E. (2001). Numerical modelling of radon-222 entry into houses: An outline of techniques and results. *Science of the total environment*, 272(1), 33-42.
- Ardila Bonilla, J. (2007). Radiactividad natural: el radón
- Auvinen, A., Mäkeläinen, I., Hakama, M., Castrén, O., Pukkala, E., Reisbacka, H., et al. (1996). Indoor radon exposure and risk of lung cancer: a nested case—control study in Finland. *Journal of the National Cancer Institute*, 88(14), 966-972.
- Barros-Dios, J. M., Barreiro, M. A., Ruano-Ravina, A., & Figueiras, A. (2002). Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 156(6), 548-555.
- Cadierno, J.-P. G. (2003). *Modelización de la concentración de radón en el interior de viviendas a partir de las tasas de exposición natural del proyecto MARNA*. Paper presented at the II Workshop Radon y Medio Ambiente.
- Cavallo, A., Gadsby, K., & Reddy, T. (1994). The use of computed radon entry rates to understand radon concentration in buildings. *Health physics*, 66(2), 178-184.
- Centre Scientifique et Technique de la Construction, C. (1999). Le radon dans les habitations. *Bélgica*.
- Commission, E. (2011). Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. . *European Commission*.
- Consejo de Seguridad Nuclear, C. (1998). *Medidas de radón en viviendas españolas : caracterización de sus fuentes*. Otros documentos CSN.
- Consejo de Seguridad Nuclear, C. (2000). Proyecto MARNA. *Mapa de Radiación Gamma Natural*.
- Darby, S., Hill, D., Deo, H., Auvinen, A., Barros-Dios, J. M., Baysson, H., et al. (2006). Residential radon and lung cancer—detailed results of a

collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 1-84.

Darcy, H. (1856). *Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*. Dalmont, París.

Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes de 6 de julio de 2001 (2001).

EB107, C. E. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

Assessment of Risks from Radon in Homes (2003).

Europea, C. (1990). Recomendación del 21 de febrero (90/143 Euratom) from <http://vlex.com/vid/peligros-exposicion-radon-edificios-15488342>

Recomendación de la Comisión de 21-2-1990 relativa a la protección de la población contra peligros de una exposición al radón en el interior de edificios, 90/143/Euratom C.F.R. (1990).

Fick, A. (1855). Ley de Fick. from http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Fick

Font, L., & Baixeras, C. (2002). The RAGENA dynamic model of radon generation, entry and accumulation indoors. *Science of the total environment*, 307(1), 55-69.

Frutos, B. (2010). *Estudio experimental sobre la efectividad y la viabilidad de distintas soluciones constructivas para reducir la concentración de gas radón en las edificaciones*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.

Galicia, L. d. R. d. Mapa gallego de radón residencial. Retrieved 24-05-2013, from <http://www.usc.es/radongal/>

Hintenlang, D. E., & Al-Ahmady, K. K. (1992). Pressure differentials for radon entry coupled to periodic atmospheric pressure variations. *Indoor Air*, 2(4), 208-215.

Jirí Hulka, J. T. (2004). *"National Radiation Protection Institute"*. PRAHA, República Checa.

- Pacual Benés, A. (1999). *NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud*. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_533.pdf.
- Quindós, L. (1995). *Radón: un gas radiactivo de origen natural en su casa*. Madrid: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Quindós Poncela, L., Arteché García, J., & Fuente Merino, I. (2006). Radón y meteorología.
- Radon, D. D. (2013). Marco Legislativo de la exposición al gas radón. from <http://www.detectivedonradon.com/2012/01/09/marco-legislativo-de-la-exposici%C3%B3n-al-gas-rad%C3%B3n/>
- Renault, P., Mohrath, D., Gaudu, J.-C., & Fumanal, J.-C. (1998). Air pressure fluctuations in a prairie soil. *Soil Science Society of America Journal*, 62(3), 553-563.
- Robinson, A. L., Sextro, R. G., & Riley, W. J. (1997). Soil-gas entry into houses driven by atmospheric pressure fluctuations—the influence of soil properties. *Atmospheric Environment*, 31(10), 1487-1495.
- Robles, B. (2004). *Fuentes de radón en el medio ambiente*. Paper presented at the III Workshop Radón y Medio Ambiente.
- Rodríguez Rodríguez, A. (2013). Soluciones constructivas para controlar la concentración de Gas Radón en Edificación. Universidad Alfonso X el Sabio. Escuela Politécnica Superior, Villanueva de la Cañada, Madrid.
- Roserens, G., Johner, H., Piller, G., Imbaumgarten, P., Binz, A., Fregnan, F., et al. (2000). Swiss Radon Handbook. *Swiss Federal Office of Public Health*.
- Sainz Fernández, C. (2005). *Radiación natural: radón*. Paper presented at the IV Workshop "Radiación natural y Medio Ambiente".
- Schery, S., Gaeddert, D., & Wilkening, M. (1984). Factors affecting exhalation of radon from a gravelly sandy loam. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012)*, 89(D5), 7299-7309.

- Schery, S., & Siegel, D. (1986). The role of channels in the transport of radon from the soil. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)*, 91(B12), 12366-12374.
- Sesana, L., & Beghini, S. (2004). Hourly indoor radon measurements in a research house. *Radiation Protection Dosimetry*, 112(2), 277-286.
- Ward, D. C., Borak, T. B., & Gadd, M. S. (1993). Characterization of ^{222}Rn entry into a basement structure surrounded by low-permeability soil. *Health physics*, 65(1), 1-11.
- Washington, J. W., & Rose, A. W. (1992). Temporal variability of radon concentration in the interstitial gas of soils in Pennsylvania. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)*, 97(B6), 9145-9159.
- Yu, K., Young, E., & Li, K. (1996). A study of factors affecting indoor radon properties. *Health physics*, 71(2), 179-184.
- Zhou, W., Iida, T., Moriizumi, J., Aoyagi, T., & Takahashi, I. (2001). Simulation of the concentrations and distributions of indoor radon and thoron. *Radiation Protection Dosimetry*, 93(4), 357-367.