

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

*Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de  
Cataluña, dentro del programa de Doctorado “Ingeniería Nuclear”*

**CONTRIBUCIÓN A LA  
CARACTERIZACIÓN DE  
AEROSOLLES RADIATIVOS  
DERIVADOS DEL RADÓN**

Autor: Arturo Vargas Drechsler  
Director: Xavier Ortega Aramburu

## CAPÍTULO I

# INTRODUCCIÓN

Uno de los retos de la protección radiológica en el área de la radiactividad natural es la determinación del riesgo de desarrollar un cáncer de pulmón debido a la inhalación de los descendientes radiactivos del radón principalmente en recintos cerrados. La existencia de una relación entre el riesgo a desarrollar un cáncer de pulmón y la exposición al radón y descendientes presentes en el aire se puso de manifiesto hace ya bastante tiempo en la población minera (Hueper 1942). Desde aquellas fechas se han desarrollado numerosos estudios encaminados a determinar el riesgo radiológico por unidad de exposición. En la actualidad, se pueden distinguir dos grandes vías para su evaluación: a) los estudios epidemiológicos (Stidley y Samet 1993), y b) la utilización de modelos dosimétricos del sistema respiratorio (ICRP 66).

La utilización de dichas vías en la evaluación del riesgo radiológico por unidad de exposición en la población minera muestran factores de riesgo que se diferencian en un factor de 2 a 3 (Solomon y col. 1994, Birchall y James 1994). En los estudios epidemiológicos en mineros se pueden clasificar las incertidumbres de la siguiente manera (Duport 1994): a) datos de exposición incompletos, b) influencia del tabaco, c) edad a la que se inicia la exposición, d) tiempo transcurrido desde su finalización, e) tasa de exposición, y f) exposición simultánea a otros elementos cancerígenos. Como consecuencia de las grandes incertidumbres que se producen en la evaluación del riesgo mediante estudios epidemiológicos no ha sido posible extrapolar los datos obtenidos en la estimación de la dosis en el ámbito de la población doméstica, si bien se están llevando a cabo investigaciones de gran calidad que pudieran dar sus frutos en los años próximos.

En la utilización de los modelos dosimétricos del sistema respiratorio, las incertidumbres que se introducen se pueden atribuir a cuatro orígenes (Birchall y James 1994): a) características fisico-químicas del aerosol, b) parámetros utilizados para describir el modelo dosimétrico, c) hipótesis utilizadas en las células irradiadas, y d) factores de ponderación utilizados en dosimetría.

Los estudios de los aerosoles radiactivos tienen como finalidad determinar las propiedades y comportamiento de los descendientes del radón de manera a caracterizar su estado en el proceso de inhalación y así, estimar los parámetros ambientales necesarios para su utilización en los modelos dosimétricos del sistema respiratorio, cada vez más complejos, y en los estudios de irradiaciones controladas en animales y humanos. Entre los parámetros a determinar, cabe destacar, entre otros, el espectro dimensional de la actividad de los descendientes del radón. Tradicionalmente, se ha dividido este espectro dimensional en dos grandes grupos: el de los descendientes adheridos a partículas de aerosol y el de los descendientes en estado libre. Los valores del coeficiente de conversión a dosis por unidad de exposición de cada grupo varían en más de un orden de magnitud (James y col. 1988 b). La evolución de las técnicas de medida del espectro dimensional de los descendientes del radón ha permitido estimar su distribución de forma más precisa. Sin embargo, todavía quedan grandes incertidumbres en la caracterización y comportamiento de la región nanométrica del espectro dimensional en donde se encuentran los descendientes en estado libre, que ocasiona la mayor carga dosimétrica por unidad de exposición. Así, en los estudios más recientes de caracterización y comportamiento de los descendientes en estado libre, parece indicarse la existencia de distintas distribuciones dimensionales con factores de conversión a dosis muy dispares (Informes anuales del Proyecto RARAD del IV Programa Marco de la Unión Europea CEC 97 y CEC 99).

Este trabajo de investigación pretende contribuir a mejorar el conocimiento de las características físico-químicas de los descendientes del radón en recintos cerrados mediante el desarrollo de sistemas de medida para la determinación en continuo de los diversos parámetros que caracterizan distintas condiciones atmosféricas y su comprobación en medidas de laboratorio y en ambientes naturales. Así, se ha dividido el trabajo en los siguientes capítulos:

En el capítulo II, se presenta un resumen descriptivo de las características relativas a los mecanismos de formación y comportamiento temporal de los descendientes del radón. De forma particular se intensifica el estudio de la fracción de partículas cuyo tamaño se encuentra en la zona nanométrica, por ser la región del espectro dimensional de los descendientes del radón cuyos procesos físico-químicos son peor conocidos. Una vez descrito el comportamiento de los descendientes del radón en recintos cerrados, se han definido los factores de influencia. Así mismo, se presenta la metodología para la estimación del factor de conversión a dosis debido a la inhalación de éstos mediante el uso de modelos dosimétricos del tracto respiratorio.

En el capítulo III se describe el estado del arte de los sistemas de medida de la concentración de radón, de los descendientes del radón y de su espectro dimensional. Se presta especial atención a los métodos de medida del espectro dimensional de la región dimensional nanométrica mediante sistemas selectivos tales como tamices metálicos y tubos de difusión. Finalmente, se presentan los distintos algoritmos comúnmente utilizados para la deconvolución de los datos obtenidos con los sistemas de medida de dicho espectro dimensional, que reposan básicamente en la solución de un sistema de ecuaciones mal condicionado.

Las ecuaciones analíticas que caracterizan la distribución de las penetraciones en tubos de difusión presentan ciertas deficiencias como consecuencia de las distintas hipótesis que deben llevarse a cabo. Así, en el capítulo IV se desarrolla una solución numérica mediante técnicas de Monte-Carlo de la ecuación de transporte de partículas en el interior de tubos cilíndricos. La solución de esta ecuación requiere del previo conocimiento del perfil de velocidades en el tubo, que se ha obtenido implementando una solución numérica basada en la técnica de las diferencias finitas. Finalmente, se ha realizado un análisis de la influencia de los fenómenos que ha llevado a desarrollar un programa de cálculo basado en técnicas de Monte-Carlo que tiene en cuenta el hecho de que la deposición de partículas en el filtro de medida no es homogénea.

En el capítulo V se describen los equipos de medida que se han diseñado y puesto en marcha para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Un primer sistema desarrollado lo forma un equipo para la medida de campo en continuo de la concentración de radón, de sus descendientes y de los descendientes adheridos a partículas de aerosol. El segundo, que tiene carácter inédito, se ha desarrollado para la medida en continuo del espectro dimensional de la región nanométrica y para su utilización en atmósferas controladas. Para la deconvolución de los datos obtenidos con este sistema de medida se presenta una nueva técnica que según una intercomparación llevada a cabo por distintos grupos Europeos y de Estados Unidos es superior a las técnicas presentadas en el capítulo III. La puesta en marcha de estos sistemas así como la realización de experiencias de caracterización del espectro dimensional de los descendientes en estado libre han requerido del diseño y construcción de una cámara de radón de atmósfera controlada de dimensiones similares a las de un recinto de tipo doméstico.

Los resultados experimentales obtenidos con los sistemas de medida se presentan en el capítulo VI. Estos datos han sido utilizados para llevar a cabo un estudio de análisis dosimétrico mediante la utilización de los modelos dosimétricos del tracto respiratorio presentados en el capítulo II.

En el capítulo VII se presentan las conclusiones del trabajo desarrollado y los planes futuros en este marco de investigación.