

## Desarrollo de un sistema de medida “in situ” de la concentración de Radón en agua

Heliodoro Sújar Moraga [1], Carlos Pérez Jiménez [1], Elena Veiga Ochoa [2]

[1]Tecnasa. C/Primera, 27 (Madrid) [hsujar@tecnasa.es](mailto:hsujar@tecnasa.es)

[2] Instituto de Salud Carlos III. Majadahonda (Madrid) [eveiga@isciii.es](mailto:eveiga@isciii.es)

**Resumen** – Antes del 15 de septiembre del 2019, España, como miembro de la Unión Europea, tendrá que tener habilitados los sistemas y mecanismos necesarios, para implementar la Directiva 2013/51/Euratom, en relación a los requisitos para la protección sanitaria de la población, con respecto a las sustancias radiactivas en aguas destinadas al consumo humano. En concreto, esto hace necesario el desarrollo de sistemas de medición fiables de concentración del Radón en dichas aguas. Se describe en esta Ponencia un sistema de medición del Radón en el que se integra un sistema de detección de radiación específicamente desarrollado para la medida de Radón en agua, “Alphaguard”, con un desarrollo de software específico, efectuado por Tecnasa, para la interpretación y análisis de las medidas

### 1. INTRODUCCIÓN

La aprobación del *Real Decreto 314/2016, de 29 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el Real decreto 1798/2010, de 30 de diciembre por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial embotelladas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas embotelladas para el consumo humano*, ha supuesto la inclusión de la determinación de la concentración de radón en agua por primera vez en la legislación española como consecuencia de la transposición de la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo de 22 de octubre de 2013 por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en aguas destinadas al consumo humano.

El radón procede de la desintegración del  $^{238}\text{U}$ , radionucleido que forma parte de rocas y suelos. En ocasiones el agua potable proviene de fuentes subterráneas como manantiales o pozos que normalmente tienen concentraciones mucho más altas de radón que el agua de superficie de ríos, pantanos y lagos.

### 2. OBJETIVO, MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Objetivo

La aplicación del Real Decreto requiere una caracterización de las zonas de abastecimiento en cuanto a exposición a radón antes del 15 de septiembre de 2019 del agua destinada al consumo humano. La medida “in situ” supondría un primer cribado para aquellas aguas que estuvieran muy por debajo del valor paramétrico establecido de 500 Bq/l como valor límite de concentración de radón en agua, por ser un método sencillo y rápido.

Para realizar la medida de una forma efectiva y rápida se ha diseñado un programa que permite tener acceso a los valores almacenados en el equipo Alphaguard y realizar los cálculos en el lugar de la medida. Con el fin de que sea fácilmente transportable y ligero se emplea una tableta, basada en Windows, en la que reside el programa. (Figura 1)



**Figura 1. Medida del equipo en campo.**

## **2.2. Materiales y Métodos**

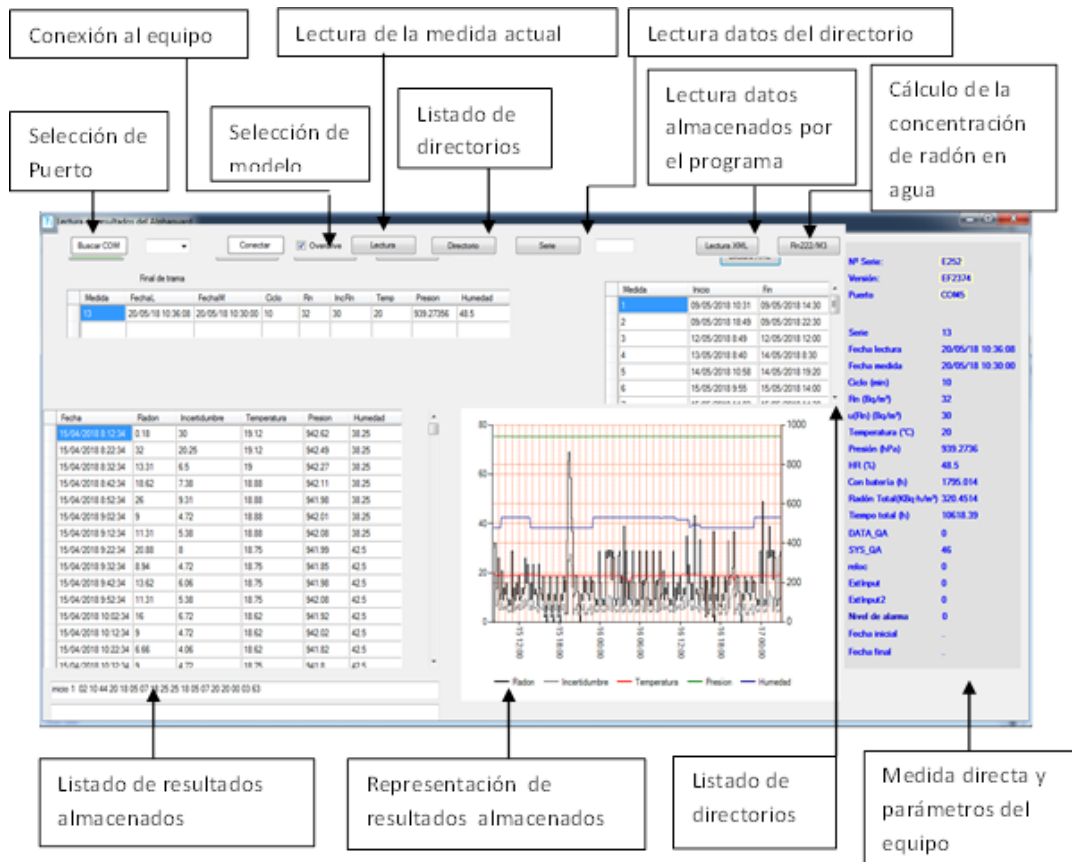
El método consiste en burbujear agua, recogida en condiciones adecuadas, y hacer pasar el gas radón liberado por una cámara de ionización a través de un circuito cerrado de tubos, que determina la concentración de dicho gas. La concentración de radón, en equilibrio entre el agua y el aire del circuito, se determina con un equipo de medida en continuo y un algoritmo que permite calcular la concentración de radón existente en el agua.

El equipo Alphaguard almacena secuencialmente los valores medidos en ciclos programables, normalmente de 10 minutos. Estos valores se ordenan internamente en sesiones dentro de la memoria del Alphaguard.

Para realizar estas operaciones se ha creado un programa que automatiza el proceso. Dado que el equipo almacena las medidas y además presenta los valores instantáneos, el programa debe almacenar los resultados y controlar tres tipos de transmisión:

- Lectura directa de los valores de la medida actual
- Lectura de las diferentes sesiones o directorios almacenados
- Lectura de los valores incluidos en cada uno de los directorios

Para facilitar la tarea del operador se trabaja en una ventana única que permite mostrar el conjunto de los resultados en secciones independientes de la pantalla. En la figura 2 se muestra dicha pantalla



**Figura 2. Secciones de la pantalla.**

En el proceso normal de medida el programa almacena valores en el intervalo seleccionado. Cuando se cierra la sesión se crea un directorio que engloba estos valores. Desde el programa se accede al conjunto de directorios almacenados en el equipo, como se observa en la figura 3.

Medida	Inicio	Fin
1	09/05/2018 10:31	09/05/2018 14:30
2	09/05/2018 18:49	09/05/2018 22:30
3	12/05/2018 8:49	12/05/2018 12:00
4	13/05/2018 8:40	14/05/2018 8:30
5	14/05/2018 10:58	14/05/2018 19:20
6	15/05/2018 9:55	15/05/2018 14:00
7	15/05/2018 14:00	15/05/2018 14:00

**Figura 3. Directorios almacenados**

Al seleccionar una de las casillas, se leen los valores almacenados en dicho directorio y se muestran en pantalla. Durante el proceso de lectura los valores son almacenados en un fichero tipo XML, figura 4.

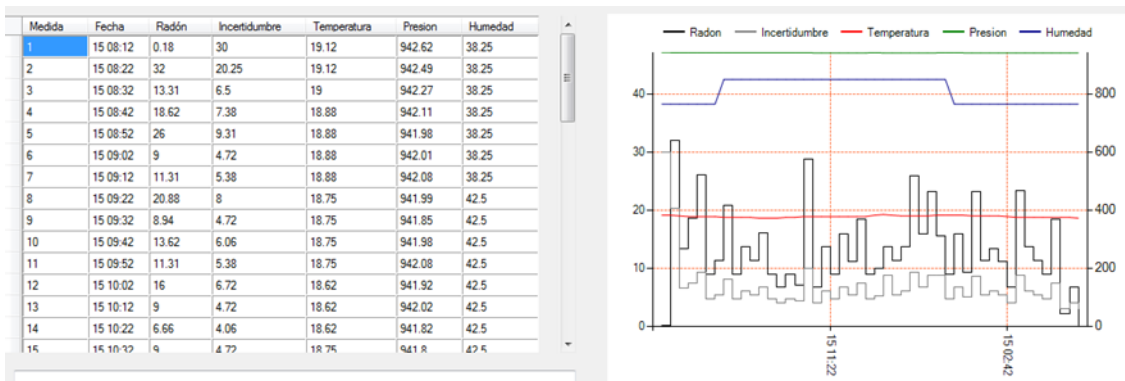
Medida	Fecha	Radón	Incertidumbre	Temperatura	Presion	Humedad
11	15 09 52	35.25	12.62	22.62	938.78	38.25
12	15 10 02	45.25	15.38	22.62	938.72	38.25
13	15 10 12	17	7.38	22.5	938.76	38.25
14	15 10 22	36.25	12.62	22.5	938.79	38.25
15	15 10 32	55	17.62	22.38	939.01	38.25
16	15 10 42	59.75	19	22.38	939.14	38.25
17	15 10 52	53.75	17.5	22.38	939.31	38.25
18	15 11 02	37.75	13.31	22.25	939.39	38.25
19	15 11 12	38.25	13.31	22.25	939.52	38.25
20	15 11 22	45.75	15.38	22.12	939.67	38.25
21	15 11 32	48.5	16.12	22.12	939.83	38.25
22	15 11 42	18.88	8	22	939.94	38.25
23	15 11 52	54.75	17.5	22	940.08	38.25
24	15 12 02	66	20.62	22	940.27	38.25
25	15 12 12	78	23.88	21.88	940.36	38.25

```

<Alphaguard>
<Medida>
  <Fecha>15/05/2018 9:55:32</Fecha>
  <Radon>0.18</Radon>
  <Incertidumbre>30</Incertidumbre>
  <Temperatura>19.12</Temperatura>
  <Presion>942.62</Presion>
  <Humedad>38.25</Humedad>
</Medida>
  
```

**Figura 4. Datos almacenados**

Al finalizar el proceso, o seleccionar un fichero previamente generado, se representa, en la parte inferior derecha de la pantalla el gráfico correspondiente a los parámetros leídos del equipo: Radón, incertidumbre, temperatura, humedad relativa y presión, figura 5.



**Figura 5. Resultados y gráfico**

El programa calcula directamente la concentración de radón en agua a partir de los datos analizados. Para ello el operador selecciona un conjunto representativo de resultados y cumplimenta los parámetros primarios, figura 6.

Fecha	Radón	Incertidumbre	Temperatura	Presion	Humedad
14/05/2017 13:00:00	23	10	20	946.4	46.5
14/05/2017 13:10:00	39	20	23.1	946	44
14/05/2017 13:20:00	844	106	25.3	946.3	45.5
14/05/2017 13:30:00	1608	154	24	946.1	46.8
14/05/2017 13:40:00	1488	159	21.9	946.2	46.5
14/05/2017 13:50:00	1616	175	21.3	946.1	46.8
14/05/2017 14:00:00	1608	174	21.4	946.2	49.3
14/05/2017 14:10:00	1608	178	21.5	946.2	50
14/05/2017 14:20:00	1504	165	21.6	946.1	51
14/05/2017 14:30:00	1520	174	21.6	946.1	51.5
14/05/2017 14:40:00	1400	167	21.8	946.1	52.3
14/05/2017 14:50:00	1384	164	21.8	946.1	52.3
14/05/2017 15:00:00	1344	164	21.8	946	52
14/05/2017 15:10:00	1368	164	21.8	946	52
14/05/2017 15:20:00	1328	166	21.8	946.5	51.3

Promedio de radón:

Promedio de Temperatura:

Factor K:

Volumen del sistema:

Volumen:

Concentración (Bq/m<sup>3</sup>):

➔

Promedio de radón:

Promedio de Temperatura:

Factor K:

Volumen del sistema:

Volumen:

Concentración (Bq/m<sup>3</sup>):

**Figura 6. Selección de datos e introducción de parámetros**



A partir de los valores introducidos el programa calcula directamente la concentración de radón en agua, figura 7.

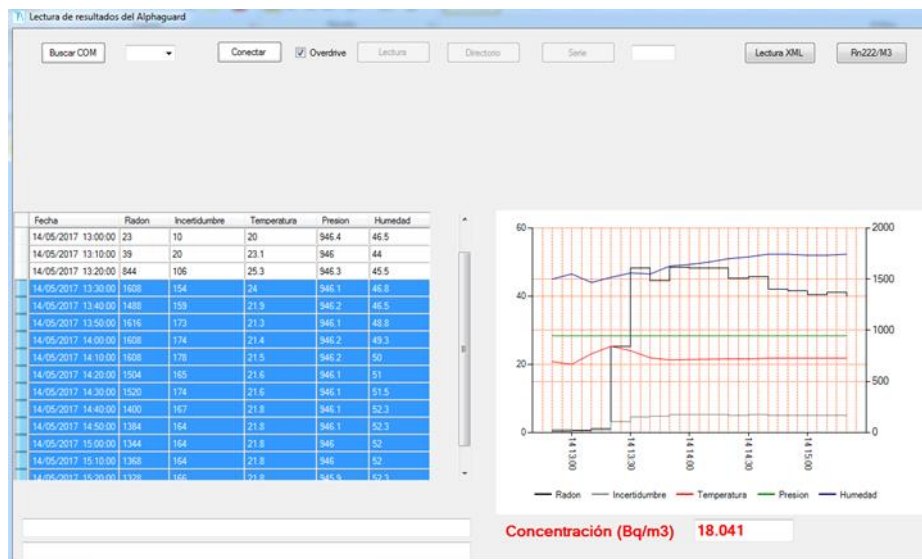


Figura 7. Resultado de la concentración de radón en agua

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en medidas de campo en aguas procedentes de pozos de localizaciones cercanas a Madrid reflejan unos valores que se muestran en la tabla I que indican la variabilidad de valores al considerar la medida in situ frente a la medida en laboratorio después del transporte mediante envases de vidrio o polietileno de alta densidad. La pérdida de actividad observada se debe a la elevada difusión del gas radón a través de los materiales empleados. Esta pérdida de actividad se observa que es mayor en las muestras de concentración más elevada de radón, siendo menos significativa en las muestras de baja concentración.

Tabla 1. Comparación de resultados en distintas localizaciones de toma de muestras.

Código	Topónimo	Unidades	Medida "in situ"	Medida en laboratorio permanente	
				Vidrio	HDPE
SMT 1	El Chorrillo (San Martín de Valdeiglesias)	Bq/l	27,3 ± 5,5	11,4 ± 2,9	4,8 ± 1,3
SMT 2	Las Conchas(San Martín de Valdeiglesias)	Bq/l	47,4 ± 7,8	14,6 ± 2,6	1,4 ± 0,5
RBL 1	Hijorro(Robledo de Chavela)	Bq/l	47,8 ± 8,1	10,8 ± 1,7	2,1 ± 1,1
SMT 3	Las Eras(San Martín de Valdeiglesias)	Bq/l	14,0 ± 3,1	11,0 ± 2,6	1,9 ± 0,7
MJD 1	La Villa (Majadahonda)	Bq/l	4,7 ± 1,4	3,7 ± 1,2	2,7 ± 0,9

## 4. CONCLUSIONES

La medida “in situ” de la concentración de radón en agua evita la pérdida de gas al medir directamente del pozo o manantial. Dado que las pérdidas de gas dependen de múltiples factores como la agitación de la muestra, la estanqueidad de la misma durante el transporte, el efecto memoria de la adsorción del gas en las paredes de los envases y otros, el resultado en la medida “in situ” es el más representativo y el único mecanismo que permite la comparación de resultados entre diferentes localizaciones de pozos y manantiales

La implementación de un programa de análisis que se adapta a la portabilidad del equipo Alphaguard permite la obtención de los resultados de las medidas “in situ”

## REFERENCIAS

Alonso-Hernández H et al. 2015. Contenido de Radón en aguas subterráneas del noreste de Gran Canaria”. *II Workshop Estudio, aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas*. ISBN 978-84-938046-4-0.

Alphaguard. *Portable Radon Monitor and AquaKit. User Manual*. Saphymo. [www.saphymo.de](http://www.saphymo.de) (acceso 20.06.2018)

Côrrea Janine N et al. 2011. “Radon and radium measurement in well water at Curitiba (Pr), Brazil”, *International Nuclear Atlantic Conference- INAC*. ISBN: 978-85-99141-04-5

Erdogan M et al. 2013. “Determination of radon concentration levels in well water in Konya, Turkey”. *Radiation Protection Dosimetry* 156: 489-494.

Jobbágy V et al. 2017. “A brief overview on radón measurements in drinking water””. *Journal of Environmental Radioactivity* 173: 18-24.

Kasic A et al 2016. “Radon measurements in well and spring water of the Tuzla area, Bosnia and Herzegovina”. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 67:332-339.

Shubert M et al. 2006. “On site determination of the radon concentration in water samples: Methodical background and results from laboratory studies and a field-scale test”. *Radiation Measurements* 41: 492-497