



DETECTOR DE RADÓN RAD7

Manual del Usuario

Propietario _____

Serie # _____



REGISTRO DE PRESTACIONES

Fecha	Prestación

Se recomienda enviar anualmente la unidad a DURRIDGE Company, para su recalibración.

DURRIDGE Company Inc.
524 Boston Rd
Billerica, MA 01821
Tel: (978)-667-9556
Fax: (978)-667-9557
service@durrIDGE.com
www.durrIDGE.com

Revisión 7.2.8. © 2014 DURRIDGE Company

ADVERTENCIA



Si abre la cubierta de este instrumento, es probable que surjan tensiones peligrosas. Mientras mantiene abierto el instrumento, desconéctelo de todas las fuentes de tensión. Debido a la energía de las baterías, el instrumento todavía puede ser peligroso.

El uso del RAD7 de una manera no especificada por el fabricante puede afectar la protección que brinda el instrumento.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	9
1. PRIMEROS PASOS:.....	10
SU PRIMER DÍA CON EL RAD7	10
1.1 Desembalaje	10
Lista de embalaje del RAD7	10
1.2 Instrucciones generales de seguridad.....	11
1.2.1 <i>Viaje en avión.....</i>	<i>12</i>
1.3 Echar un vistazo	12
El Detector electrónico profesional de radón RAD7	12
1.4 Iniciar una prueba de dos días	13
RAD7 Normal Configuration	13
End-of-Run Printout	14
1.5 Iniciar una prueba de rastreo	15
Configuración de RASTREO del RAD7	15
2. FUNDAMENTOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL RAD7	17
2.1 Introducción	17
2.1.1 <i>El teclado numérico</i>	<i>17</i>
2.1.2 <i>Lista de comandos.....</i>	<i>17</i>
2.2 Prueba.....	17
2.2.1 <i>Estatus de la prueba.....</i>	<i>17</i>
2.2.1a <i>Guardar rápidamente y reiniciar.....</i>	<i>19</i>
2.2.2 <i>Iniciar la prueba e Interrumpir la prueba</i>	<i>19</i>
2.2.3 <i>Guardar la prueba</i>	<i>19</i>
2.2.4 <i>Borrar la prueba.....</i>	<i>20</i>
2.2.5 <i>Depurar la prueba</i>	<i>20</i>
2.2.6 <i>Bloquear la prueba</i>	<i>20</i>
2.2.7 <i>Reposar la prueba.....</i>	<i>20</i>
2.2.8 <i>Imprimir la prueba.....</i>	<i>20</i>
2.2.9 <i>Test Com.....</i>	<i>21</i>
2.3 Datos	21
2.3.1 <i>Leer los datos.....</i>	<i>21</i>
2.3.2 <i>Imprimir los datos.....</i>	<i>21</i>
2.3.3 <i>Data Com.....</i>	<i>22</i>
2.3.4 <i>Resumen de datos.....</i>	<i>22</i>

2.3.5	Memoria libre para datos	23
2.3.6	Borrar algunos datos	23
2.3.7	Numerar nuevamente los datos.....	23
2.3.8	Data Erase.....	23
2.4	Configurar	24
2.4.1	Protocolo de configuración.....	24
	Table 2.4.1 Preset protocols	24
2.4.2	Configurar el ciclo.....	24
2.4.3	Configurar el reciclado.....	25
2.4.4	Configurar el modo.....	25
2.4.5	Configurar el torón.....	25
2.4.6	Configurar la bomba.....	26
2.4.7	Configurar el tono.....	26
2.4.8	Configurar el formato	26
2.4.9	Configurar las unidades	27
2.4.10	Configurar el Savuser.....	27
2.4.11	Configurar el reloj	27
2.4.12	Configurar la revisión.....	28
2.5	Especial	28
2.5.1	Identificación especial	28
2.5.2	SPrOn Especial.....	28
2.5.3	SPrOff Especial.....	29
2.5.4	SetBaud especial.....	29
2.5.5	Estatus especial.....	29
2.5.6	Inicio especial	29
2.5.7	Detención especial.....	29
2.5.8	Special Comspec	29
2.5.9	ComAll Especial	29
2.5.10	SPrAll especial.....	29
2.5.11	S-Load especial.....	29
2.5.12	Versión especial.....	29
2.5.13	Modelo especial	29
2.5.14	Serie Especial	29
2.5.15	Silbido especial.....	29
2.5.16	Relés Especiales.....	29
2.6	Impresora infrarroja	30
	Espectro de energía alfa	31
3.	FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGÍA DEL RAD7:.....	32
	CÓMO FUNCIONA	32
3.1	Introducción	32
3.2	Cadena de desintegración del radón	32
3.2.1	Radón-222 (radón).....	34
3.2.2	Radón-220 (torón).....	34

3.3	Monitores continuos	35
3.4	Rastreadores	35
3.5	Nivel de actividad	36
3.6	Detector de estado sólido RAD7	36
3.7	Espectro del RAD7.....	37
3.8	Ventanas	37
3.9	Equilibrio de isotopos	38
3.10	Modos: Rastreo y Automático	39
3.11	Radiación de fondo	40
3.11.1	<i>Descendientes del torón y del radón de corta vida.....</i>	40
3.11.2	<i>Gas radón adsorbido</i>	41
3.11.4	<i>Descendientes de radón de larga vida.....</i>	41
3.11.5	<i>Contaminación por radón, o torón, que produce sólidos</i>	41
3.11.6	<i>Otros emisores de partículas alfa</i>	41
3.11.7	<i>Emisores de partículas beta y gamma.....</i>	42
3.12	Precisión y exactitud	42
3.12.1	<i>Funcionamiento en seco</i>	42
	Tabla: 3.12 Precisión usual del RAD7 basada solo en las estadísticas de recuento.	42
3.12.2	<i>Corrección de la humedad.....</i>	43
3.12.3	<i>Incertidumbres sobre la concentración.....</i>	43
3.13	Ejemplos del espectro	45
3.13.1	<i>Espectros operativos del radón.....</i>	45
3.13.2	<i>Espectros del torón</i>	46
3.13.3	<i>Espectros combinados.....</i>	47
3.13.4	<i>Espectros patológicos</i>	49
4.	USO DEL RAD7:.....	51
	MEDICIÓN DEL RADÓN Y EL TORÓN DEL AIRE	51
4.1	Introducción	51
4.2	Monitoreo continuo.....	51
4.2.1	<i>Preparación.....</i>	51
4.2.2	<i>Purga.....</i>	51
4.2.3	<i>Ubicación de la prueba.....</i>	52
4.2.4	<i>Protocolo de la prueba</i>	52
4.2.5	<i>Imprimir o no imprimir.....</i>	53
4.2.6	<i>Ejecutar la prueba</i>	53
4.2.7	<i>Control de calidad y seguridad.....</i>	53
4.2.8	<i>Finalizar la serie.....</i>	54
4.2.9	<i>Examinar los datos</i>	54
4.2.10	<i>Monitoreo a muy corto plazo.....</i>	55

4.3	Rastreo	55
4.3.1	¿Por qué hacer un rastreo?	55
4.3.2	Localización de los puntos de entrada del radón	55
4.3.3	Preparación.....	55
4.3.4	Purga.....	55
4.3.5	Ejecutar la prueba	56
4.3.6	Puntos perforados para muestreo.....	57
4.3.7	Lecturas de algunos puntos al azar	57
4.4	Muestreo de una captura	57
4.4.1	Aplicabilidad.....	57
4.4.2	Preparación.....	57
4.4.3	Protocolo.....	58
4.4.4	Toma de la muestra	58
4.4.5	Análisis.....	58
4.5	Medición del torón.....	58
4.5.1	Torón y radón.....	58
4.5.2	Problemas de la medición del torón	59
4.5.3	Corrección y cálculo de la interferencia.....	59
4.5.4	Evitar los productos con desintegración más prolongada	60
4.5.5	Corrección de la desintegración, velocidad del flujo y calibración del torón	60
4.5.6	Cálculo de la desintegración de la muestra	60
4.5.7	Calcular la concentración de la celda interna	60
4.5.8	Calibración de la sensibilidad al torón de la celda interna	61
4.5.9	Configurar una medición de torón	61
4.5.10	Modo torón	61
	Recommended RAD7 Thoron Configuration	62
4.6	Manejo de la radiación de fondo.....	63
4.7	Ambientes peligrosos y severos	63
4.7.1	Salpicaduras de agua.....	63
4.7.2	Ambiente polvoriento	64
4.7.3	Peligro de radiación	64
5.	UTILIZACIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL RAD7:.....	65
	EVALUAR EL RADÓN EN EL SUELO Y EN EL AGUA	65
5.1	Introducción	65
5.2	Radón en el agua	65
5.2.1	El accesorio RAD H2O.....	65
	The RAD H2O Accessory	65
	The RAD AQUA Accessory	65
5.2.2	El accesorio RAD AQUA	66
5.2.3	El accesorio Sonda de Agua.....	66
5.3	Muestreo del gas del suelo	66
5.3.1	Aplicación	66
5.3.2	El accesorio sonda para medir el gas del suelo	66

5.3.3	<i>Preparación de la sonda para medir el gas del suelo.....</i>	66
5.3.4	<i>Ejecutar la prueba</i>	67
5.3.5	<i>Interpretar los datos</i>	67
5.4	Mediciones de las emisiones	67
5.4.1	<i>Aplicación</i>	67
5.4.2	<i>Configuraciones de circuito cerrado y abierto.....</i>	67
5.4.3	<i>Emisiones a granel.....</i>	68
	The Bulk Emission Chamber	68
5.4.4	<i>Emisión superficial</i>	68
	The Surface Emission Chamber	69
5.5	Accesorios de apoyo	69
5.5.1	<i>Panorama general.....</i>	69
5.5.2	<i>El Diluyente de rango.....</i>	69
	The Range Extender	70
5.5.3	<i>El DRYSTIK</i>	70
	The DRYSTIK (Model ADS-2)	70
6.	Conectividad del ordenador	71
6.1	Fundamentos de la conectividad del ordenador.....	71
	Conectar el RAD7 con un ordenador	71
6.2	Software CAPTURE	72
	CAPTURE Software running in Windows 7	72
6.2.1	<i>Instalar CAPTURE</i>	72
6.2.2	<i>Resumen de funciones.....</i>	73
6.2.3	<i>Descargar los datos del RAD7.....</i>	73
6.2.4	<i>Representación gráfica y análisis.....</i>	73
6.2.5	<i>Monitorear en tiempo real con el RAD7.....</i>	73
6.3.2	<i>Formato de los comandos del RAD7.....</i>	74
6.3.3	<i>Análisis de los datos del RAD7.....</i>	75
	Contenido del registro de datos del RAD7:	76
6.3.4	<i>Consejos sobre el emulador de terminal.....</i>	77
6.4	Especificaciones del puerto en serie	77
6.4.1	<i>Protocolo de comunicación.....</i>	77
	Asignaciones del terminal del puerto en serie RAD7	77
	Parámetros de comunicación del RAD7	77
6.4.2	<i>Extender el rango RS-232.....</i>	77
7.	Mantenimiento	79
7.1	Accesorios - Uso y cuidado.....	79
7.1.1	<i>Desecante.....</i>	79
7.1.2	<i>Unidad de secado en laboratorio</i>	79
7.1.3	<i>Tubo pequeño de secado (tubo pequeño).....</i>	79
7.1.4	<i>Colocar tubos de secado en serie</i>	80
7.1.5	<i>Filtros.....</i>	80

7.1.6	Baterías	81
7.1.7	Memoria no volátil y Reloj en tiempo real	81
7.1.8	Impresora y adaptador	81
7.2	Rangos de operación	82
	Tabla 7.2 Rangos de operación del RAD7	82
7.3	Mantenimiento y reparación	83
7.3.1	Calibración	83
7.3.2	Reparación.....	83
7.3.3	Envío	83
7.3.4	Actualizaciones	84
7.4	Garantía de calidad del RAD7	84
7.4.1	Espectro.....	84
7.4.2	Factor de derrame.....	84
8.	SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	85
8.1	Pantalla.....	85
8.1.1	Pantalla en blanco	85
8.1.2	Pantalla congelada	85
8.1.3	Caracteres incompletos o basura	85
8.2	Lecturas	85
8.2.1	No aparecen recuentos.....	85
8.2.2	Incertidumbre excesiva en la lectura.....	85
8.2.3	Serie/ciclo número 0000	86
8.3	Alta humedad relativa	86
8.4	Baterías con bajo voltaje.....	86
8.5	Valores patológicos y mensajes de error	86
	Apéndice: Especificaciones del RAD7.....	87
	Parte 1 Funcionalidad	87
	Parte 2 Especificaciones técnicas	88
	Parte 3 Especificaciones físicas	89

DURRIDGE Company Inc.
524 Boston Rd, Billerica, MA 01821 USA
Tel: (978)-667-9556 Fax: (978)-667-9557
Correo electrónico: Service@durridge.com
Web: www.durridge.com

Representante en Europa:
Dr. Martyn J. Key
c/o Radiansa Consulting S.L.
Montcalm 20-22, 17006 Girona, España
Tel: +34 972 243232

INTRODUCCIÓN

El RAD7 es un instrumento muy versátil, que puede servir de base para un sistema de medición integral del radón. Puede utilizarse de varios modos diferentes, para diversos propósitos. Este manual adopta un enfoque progresivo, en el que primero hay una descripción sencilla y paso a paso de cómo obtener lecturas de: a) monitoreo en tiempo real, y b) rastreo. A continuación, se brinda una descripción más detallada de las muchas funciones del instrumento y de cómo acceder a ellas. El resto del manual cubre una gama completa de temas, con un orden algo arbitrario. Le recomendamos que, tan pronto como le sea posible, lea el texto completo, tan solo para tener una idea de todas las funciones. Aunque usted puede empezar a hacer buenas mediciones desde el primer día que posea el RAD7, puede tomarle años dominar las sutilezas del comportamiento del radón y el torón, y apreciar todas las capacidades del instrumento.

Hemos tratado de que el manual sea fácil de utilizar, con una útil tabla de contenidos. Por favor, háganos saber cuánto éxito hemos tenido. Si algunos temas están inadecuadamente cubiertos, por favor, díganoslo. De vez en cuando, emitiremos actualizaciones.

Puntos de especial interés

El RAD7 es un equipo robusto y duradero. Todavía hay muchas unidades que se utilizan a diario que fueron vendidas hace diez años o más. Sin embargo, es un dispositivo sofisticado, con precisión electrónica, que no está sellado herméticamente. Así que, por favor, trátelo con respeto. No permita que el agua, otros líquidos o suciedad ingresen a la máquina. Si utiliza el RAD7 en algún lugar donde pueda recibir salpicaduras, ser dañado o estar expuesto a la lluvia, por favor, protéjalo. Ver Capítulo 4.7.1.

Las baterías son de tecnología de plomo-ácido, como las de un coche. Si permanecen descargadas, pierden capacidad. Después de hacer funcionar el RAD7 con la energía de las baterías, por favor, recárguelas tan pronto como le sea posible (conectándolas con la unidad). Utilizándolas cuidadosamente, las baterías durarán cinco años o más.

Finalmente, hay una función de seguridad que a veces un usuario inexperto aunque autorizado configura de forma inadvertida: bloquea el teclado numérico. Si el teclado numérico deja de funcionar y todo lo que usted ve en la pantalla es "DURRIDGE RAD7", haga simplemente lo siguiente: Mantenga presionada la tecla [ENTER] y dos teclas de flecha, hasta escuchar un silbido, suelte las tres teclas e inmediatamente pulse [MENU]. A continuación, debería ser recompensado con la aparición de >Test en la pantalla. Si el tono se estableció en >APAGADO, no escuchará el silbido. Por lo tanto, mantenga las tres teclas apretadas durante tres o cuatro segundos, luego libérelas y presione [MENU]. Si al principio no tiene éxito, disminuya o extienda la duración de los períodos de pulsación.

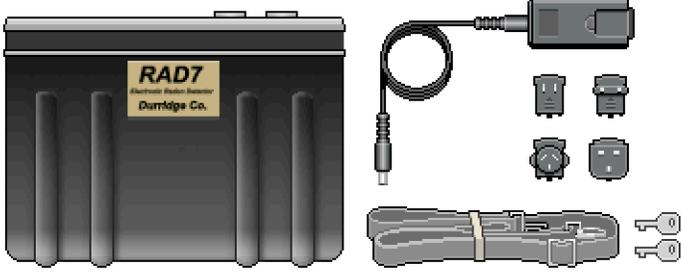
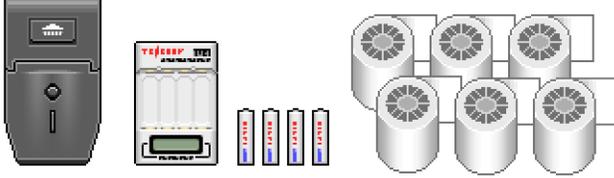
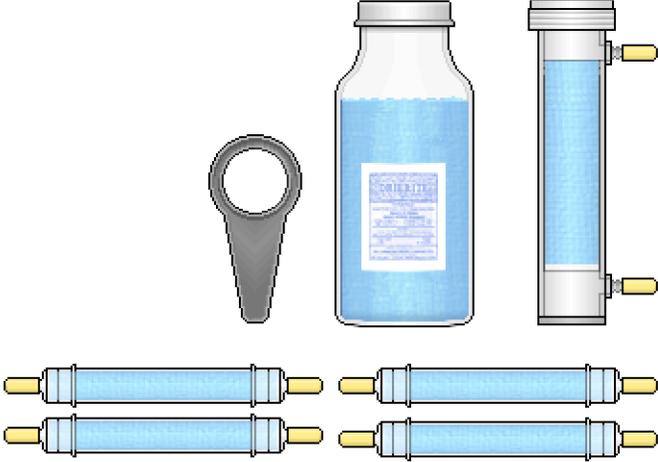
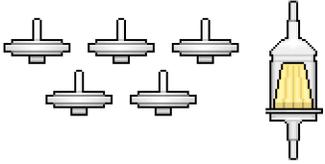
1. PRIMEROS PASOS: SU PRIMER DÍA CON EL RAD7

1.1 Desembalaje

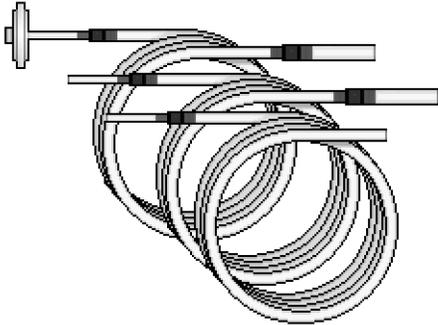
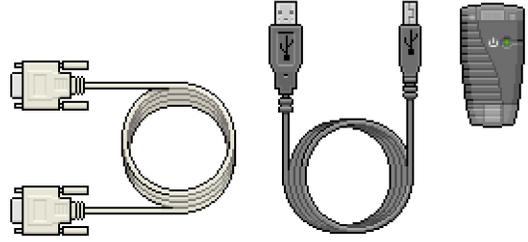
En primer lugar, asegúrese de que tiene todo lo que se supone que debe tener. Saque los materiales de las cajas donde están embalados y vea si tiene todos los elementos que se muestran en el diagrama que aparece a continuación, o en la

lista de embalaje que se incluye en el envío. Si falta algo, por favor, envíe un correo electrónico a DURRIDGE de inmediato, o llámenos al (978) 667-9556.

Lista de embalaje del RAD7

	<p>RAD7 y Accesorios de la caja</p> <ul style="list-style-type: none"> •Detector electrónico de radón •Adaptador de 12V con un tapón apropiado •Correa para transportar el RAD7 •Llaves de la caja del RAD7
	<p>Suministros de la impresora del RAD7</p> <ul style="list-style-type: none"> •Nueva y práctica impresora infrarroja •Cargador de baterías •4 baterías AA recargables •6 rollos de papel para imprimir
	<p>Tubos de secado y desecante</p> <ul style="list-style-type: none"> •Unidad de secado de gas •Herramienta para abrir la unidad de secado •Desecante de 5 libras •4 tubos de secado
	<p>Filtros del RAD7</p> <ul style="list-style-type: none"> •5 filtros de entrada del RAD7 •1 filtro de polvo

1 filtro de polvo

	<p>Conjunto de tubería de vinilo (3 pies x 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> •Desde la muestra hasta el tubo de secado •Desde el tubo de secado a la entrada del RAD7 •Desde la salida del RAD7 hasta el escape
	<p>Suministros en serie/USB</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cable módem nulo •Cable USB •Adaptador en serie USB-19HS Keyspan
	<p>RAD7 Documentation Binder</p> <ul style="list-style-type: none"> •Manual del usuario del RAD7 •Manual de la impresora infrarroja •Documentación adicional •CD con software DURRIDGE •Pen drive USB con software DURRIDGE

1.2 Instrucciones generales de seguridad

Para su propia seguridad y el funcionamiento adecuado del RAD7:

- NO derrame líquidos sobre la máquina.
- NO exponga el panel de operación de la máquina a la lluvia o a cualquier otra humedad excesiva.
- NO permita que el tubo de entrada aspire ningún líquido.

Si usted piensa utilizar el instrumento en un ambiente severo, bríndele alguna protección. Con tan solo una bolsa de plástico transparente, que rodee al RAD7 (pero no al tubo de muestreo de aire), se puede evitar las salpicaduras de barro y agua. Si se permite que el aire seco proveniente

de la salida del RAD7 se vacíe en el interior de la bolsa, el RAD7 se mantendrá en un ambiente limpio y seco.

Si un líquido realmente ingresa a la máquina, por favor desconecte el cable de alimentación, apague el interruptor de energía, y siga las instrucciones que aparecen en el Capítulo 4.7.1, Ambientes peligrosos y severos: Salpicadura de agua. Será necesario remitir el RAD7 a DURRIDGE para su reparación.

No utilice su RAD7 si el instrumento está dañado o funciona mal. Por favor llame o envíe un correo electrónico al departamento de reparaciones de DURRIDGE, quien le indicará qué hacer con el problema.

Reemplace inmediatamente un cable de alimentación que esté deshilachado o dañado. Los equipos eléctricos pueden ser peligrosos si se utilizan erróneamente. Mantenga el equipo alejado de los niños.

No abra ni intente reparar la máquina. El detector tiene una fuente interna de alta tensión, que puede generar más de 2.500 V.

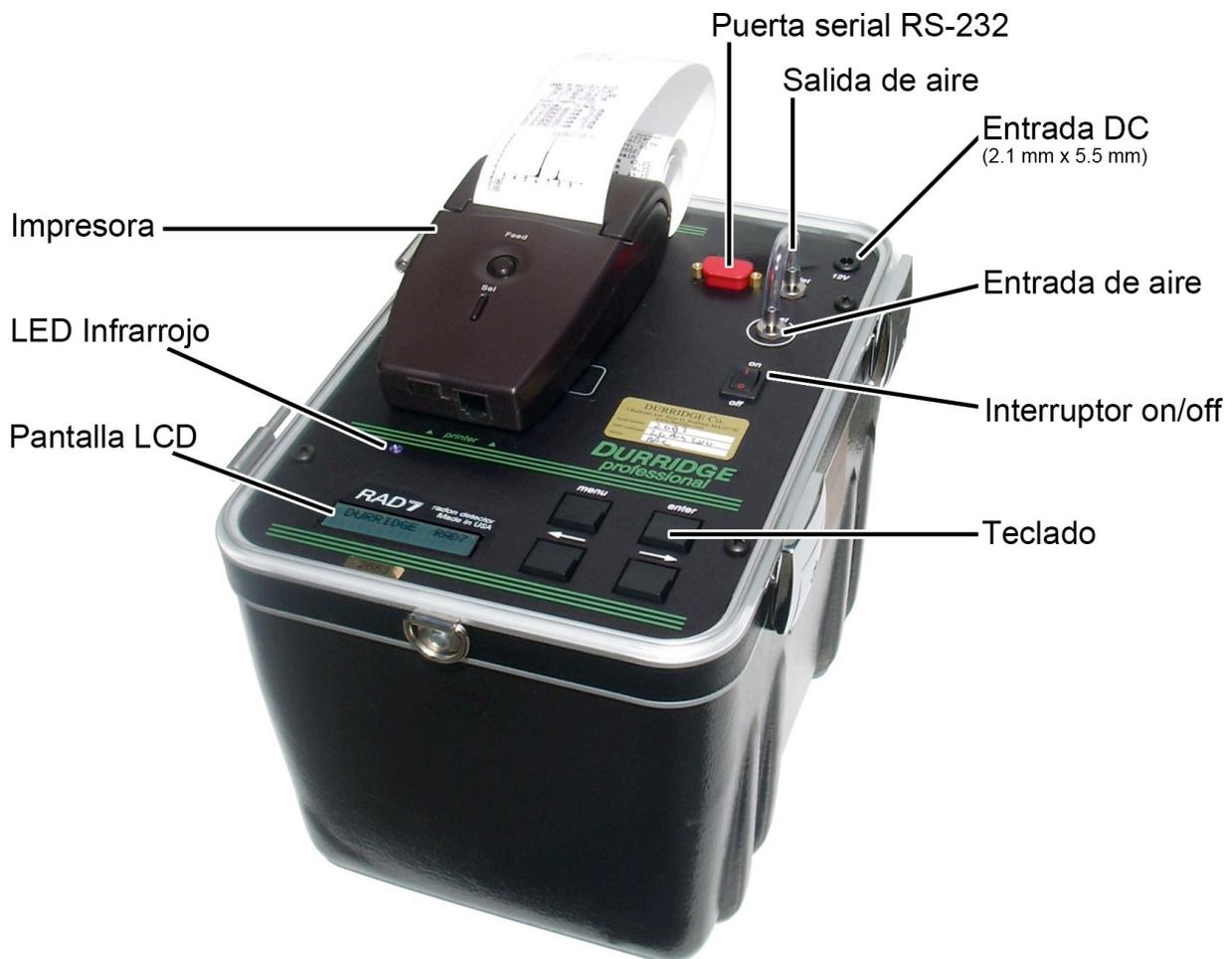
Las baterías son Gates Monobloc tipo 0819-0012, 6V 2.5Ah. El instrumento tiene instaladas dos baterías de este tipo. El usuario no puede reemplazarlas.

1.2.1 Viaje en avión

Es seguro transportar el RAD7 en avión, ya sea como equipaje acompañado o despacharlo. Probablemente sea más fácil, y hay menos probabilidades de que provoque problemas, si usted lo coloca dentro de una maleta, con ropa y lo despacha.

Algunas empresas aéreas y algunos miembros del personal de las aerolíneas se preocupan ante las baterías con tecnología de plomo, como las que contiene el RAD7. Con el manual, en la documentación del RAD7, se incluye una hoja MSDS: Hoja de datos de seguridad proporcionada por el fabricante de las baterías. Cuando vuele con el RAD7, debe llevar y presentar, cuando le sea solicitada, una copia de dicha hoja.

1.3 Echar un vistazo



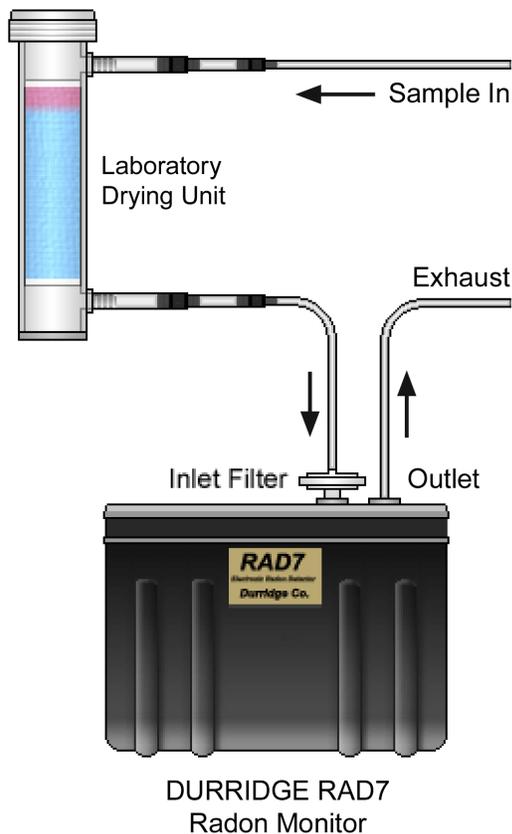
El Detector electrónico profesional de radón RAD7

1.4 Iniciar una prueba de dos días

Usted necesitará el RAD7 y el cable de alimentación, la Unidad de secado en laboratorio (el gran tubo del desecante, con un tapón a rosca en un extremo), un filtro de entrada (uno de los seis filtros pequeños incluidos), el trozo de tubería con un segmento en un extremo con un diámetro interno de 5/16" y un segmento en el otro extremo con un diámetro interno de 1/8", y la impresora.

En la primera puesta en marcha, deberá ajustar el reloj a su zona horaria (ver Configurar el reloj, Capítulo 2.4.11). Encienda el RAD7, pulse [MENU], luego pulse [→] dos veces. Usted verá la palabra Setup en la pantalla. Pulse [ENTER], luego pulse [→] diez veces. Verá Setup Clock. Pulse [ENTER]. Utilice las teclas de flecha para ajustar las horas, los minutos, los segundos, el día, el mes y el año, presionando [ENTER] para confirmar cada configuración. Ahora estamos listos para continuar.

RAD7 Normal Configuration



- a) Adose el filtro a la tubería (introdúzcalo en el extremo, mediante el enganche).
- b) Retire con cuidado las dos tapas de plástico de la Unidad de secado (las necesitará más adelante, para volver a sellar la unidad). Adose el extremo enfundado de la tubería al adaptador del tubo, ubicado en la Unidad de secado, en la posición más alejada de la tapa a rosca.
- c) Adose el filtro al puerto de entrada del RAD7. Ahora, el sistema de muestreo de aire está configurado para medir. (Vea el diagrama de Configuración estándar del RAD7 a la izquierda.)
- d) Enchufe el RAD7 y enciéndalo.
- e) Pulse [MENU], [ENTER], luego pulse [→] cuatro veces. Usted debería ver en la pantalla de LCD: Test Purge.
- f) Pulse [ENTER]. La bomba debería arrancar.
- g) Configure la impresora (coloque el papel y las baterías - ver el manual).
- h) Coloque la impresora entre las líneas verdes, ubicadas en la placa frontal (ver foto, en el Capítulo 1.3).
- i) Después de purgar durante un rato (normalmente, al menos cinco minutos), pulse [MENU], y [→] dos veces, y verá: Setup en la pantalla.
- j) Pulse [ENTER] dos veces, a continuación, pulse repetidamente cualquiera de las teclas de flecha, hasta que vea, en la pantalla: Protocol: 2-Day. Pulse [ENTER].
- k) Con Setup en la pantalla, pulse [ENTER], luego [→] siete veces, para ver >Setup Format en la pantalla. Pulse [ENTER] y luego use las teclas de flecha para seleccionar Format: Short. Pulse [ENTER].
- l) Apague el RAD7. Encienda la impresora, ahora encienda nuevamente el RAD7. La impresora imprimirá algo como lo siguiente:

```

DURRIDGE RAD7
Vers 2.5f  991128
Model 711
Serial 00512
Calib 21-MAY-13

Last used
  FRI 21-MAY-13  17:30

Current settings
  FRI 21-MAY-13  19:09

Protocol: 2-Day
Cycle: 01:00
Recycle: 48
    
```

Mode: Auto
 Thoron: Off
 Pump: Auto
 Tone: Geiger
 Format: Short
 Units: pCi/L C

m) Pulse [MENU], [ENTER], [→]. Usted debería ver en la pantalla de LCD: >Test Start

n) Pulse [ENTER]. La bomba comenzará a funcionar. En la pantalla de LCD, verá algo como esto:

```
0101      Live      Sniff
00:59:37      00001
```

Ahora, está midiendo el nivel de radón allí mismo donde usted está. Cada hora, la impresora generará una lectura parecida a ésta:

```
0102  2.69 " 0.73 p Sniff
      FRI 21-MAY-13 19:41
      26.8 C RH: 7% B:7.06V
```

Donde 0102 es el número de serie (01) y el número de ciclo (02), 2.69 es la concentración de radón medida, 0.73 es la incertidumbre ESTADÍSTICA, p indica las unidades (en este caso pCi/L), y Sniff muestra que, para esta lectura, solamente se contabilizan las desintegraciones del Po-218 (luego de tres horas el modo cambia automáticamente a Normal). La segunda línea es claramente la fecha y la hora, mientras que la tercera línea muestra la temperatura y la humedad dentro de la cámara de medición y el voltaje de las baterías. Con las configuraciones de formato Medio y Largo, se puede imprimir más información de cada ciclo.

Si usted permite que el RAD7 complete una serie, imprimirá un resumen de toda la serie, incluyendo:

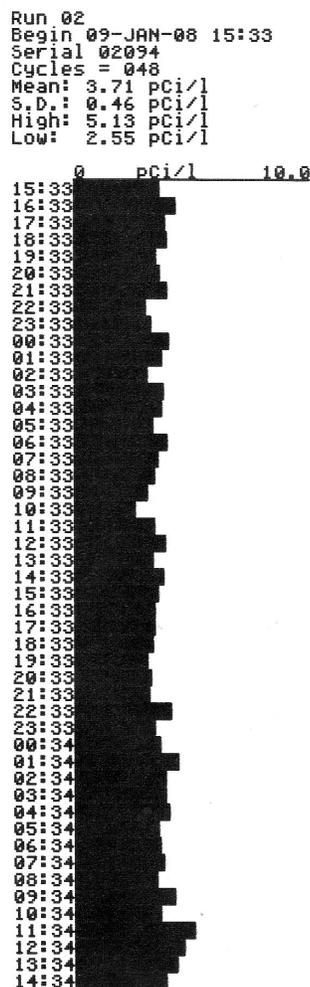
1. Fecha y hora
2. Número de serie de la máquina
3. Valor promedio para la prueba
4. Gráfico de barras de las lecturas individuales
5. Espectro acumulativo de la energía alfa.

En el ejemplo mostrado, puede apreciarse que el nivel promedio fue de 3,71 pCi/L o 137 Bq/m3.

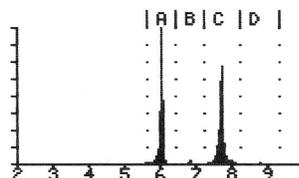
Para terminar la serie antes, usted puede apagar el RAD7. Los datos recogidos al final del último

ciclo completado se almacenan automáticamente en la memoria del RAD7, y están disponibles para su posterior visualización, impresión o transferencia a un ordenador. Si usted también desea almacenar los datos del último ciclo incompleto, utilice Guardar la prueba, antes de apagar el RAD7. Al hacer esto, no se genera la impresión de final de serie. El resumen se almacena en la memoria y puede imprimirse en cualquier momento, salvo que se haya perdido el espectro acumulativo, que debió haberse imprimido al final de la serie.

End-of-Run Printout



Cumulative Run Spectrum



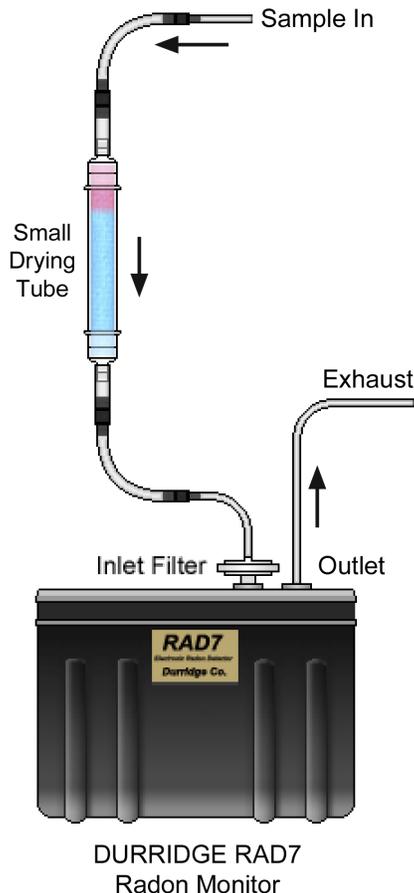
1.5 Iniciar una prueba de rastreo

El rastreo le permite a usted realizar sondeos cualitativos y rápidos de los niveles de radón y torón. Puede utilizarse para buscar los puntos de entrada del radón. Rastrear el torón y el radón al mismo tiempo tiene algunas ventajas, (ver Capítulo 3.13.3), por lo cual aquí se describe ese procedimiento.

Usted necesitará el mismo equipo que para realizar la prueba de dos días que se describe anteriormente, salvo que deberá utilizar un tubo pequeño de secado, en lugar de la Unidad de secado en laboratorio. Además, para mejorar la transportabilidad, usted puede quitar la fuente de alimentación externa del RAD7, y hacerlo funcionar con sus baterías.

Si no lo ha hecho aún, ajuste el reloj, como se describió anteriormente.

Configuración de RASTREO del RAD7



- a) Adose el filtro a la tubería (empújelo hasta el extremo del segmento con un diámetro interno de 1/8").
- b) Retire con cuidado las dos tapas de plástico del tubo pequeño de secado (las necesitará más adelante, para volver a sellar la unidad). Adose el extremo (con un diámetro interno de 5/16") de la tubería a uno de los extremos del tubo.
- c) Adose el filtro al puerto de entrada del RAD7. Asegúrese de que está firmemente sujeto sobre la entrada. Ahora, el sistema de muestreo de aire está configurado para medir. Mientras realiza la prueba, puede utilizar el tubo pequeño de secado como si fuera una varilla, para recoger una muestra de aire del lugar de su interés.
- d) Enchufe el RAD7 y enciéndalo.
- e) Pulse [MENU], [ENTER], luego pulse [→] cuatro veces. Usted debería ver en la pantalla de LCD: Test Purge.
- f) Pulse [ENTER]. La bomba debería arrancar.
- g) Configure la impresora.
- h) Coloque la impresora entre las líneas verdes, ubicadas en la placa frontal (ver foto, en el Capítulo 1.3).
- i) Después de purgar durante unos cuantos minutos, pulse [MENU], y [→] dos veces, usted verá: >Setup en la pantalla.
- j) Pulse [ENTER] dos veces, a continuación, pulse repetidamente cualquiera de las teclas de flecha, hasta que vea, en la pantalla Protocol: Thoron Pulse [ENTER]. (Ver Capítulo 2.4.5 para consultar la diferencia entre los protocolos de Rastreo y de Torón).
- k) Con Setup en la pantalla, pulse [ENTER], luego [→] siete veces, y verá en la pantalla Setup Format. Pulse [ENTER] y luego use las teclas de flecha para seleccionar Format: Short. Pulse [ENTER].
- l) Apague el RAD7. Encienda la impresora, ahora vuelva a encender el RAD7. La impresora imprimirá algo como lo siguiente:

```
DURRIDGE RAD7
Vers 2.5f 991128
Model 711
Serial 00512
Calib 21-MAY-08
```

```
Last used
WED 23-MAY-08 17:30
```

```
Current settings
FRI 25-MAY-08 19:09
```

Chapter 1

Protocol: Thoron
Cycle: 00:05
Recycle: 00
Mode: Sniff
Thoron: On
Pump: Auto
Tone: Geiger
Format: Short
Units: pCi/L C

m) Pulse [MENU], [ENTER], [→]. Usted debería ver en la pantalla de LCD: >Test Start

n) Pulse [ENTER]. La bomba comenzará a funcionar. En la pantalla de LCD, verá algo como esto:

```
0201      Live      Sniff
00:04:37      00001
```

Ahora usted está rastreando el torón y el radón. Cada cinco minutos, la impresora generará una lectura parecida a ésta:

```
0203  2.69  "  2.83  p  Sniff
        1.68  "  2.15  p  Thoron
        FRI  21-MAY-99  19:41
        26.8 °C  RH: 7%  B:7.06V
```

Donde 0203 es el número de serie (02) y el número de ciclo (03), 2.69 es la concentración de radón medida, 2.83 es la incertidumbre ESTADÍSTICA, p indica las unidades (en este caso pCi/L), y Sniff muestra que, para esta lectura, solamente se contabilizan las desintegraciones del Po-218. La segunda línea es

la concentración de torón medida y la incertidumbre. La tercera línea es ahora la fecha y la hora, mientras que la cuarta línea muestra la temperatura y la humedad dentro de la cámara de medición, y el voltaje de las baterías. Con las configuraciones de formato Medio y Largo se puede imprimir más información de cada ciclo.

Tenga en cuenta que el Po-218 tiene una vida media de 3 minutos. Después de trasladarse a una nueva ubicación, la tasa de recuento necesitará alrededor de 15 minutos para alcanzar un equilibrio, ante la nueva concentración de radón. Por lo tanto, solo luego del tercer ciclo de 5 minutos, la lectura indicará el nuevo nivel. Sin embargo, el descendiente del torón, el Po-216, tiene una vida media muy corta (150 ms), por lo tanto, la respuesta del RAD7 ante el torón es virtualmente instantánea. Para el torón, el primer ciclo de cinco minutos es tan bueno como cualquier otro ciclo.

El torón solo se encontrará muy cerca de los puntos de ingreso del radón. Esto, junto con su rápida respuesta, hace que el rastreo de torón sea un detective excelente para ubicar los puntos de ingreso del radón.

Si quiere terminar la serie, en cualquier momento, usted puede apagar el RAD7. Los datos recogidos de los ciclos completados se almacenan en la memoria del RAD7, y están disponibles para su posterior visualización, impresión o transferencia a un ordenador.

2. FUNDAMENTOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL RAD7

2.1 *Introducción*

2.1.1 El teclado numérico

El RAD7 funciona mediante una interfaz comandada por un menú de cuatro teclas. Estas cuatro teclas le permiten a usted ver los comandos, seleccionar uno, y luego activarlo.

Teclas del menú

Pulse [MENU] y aparecerá la petición de comando del menú (>) y la palabra Test:

>Test

Teclas de flecha

Pulse las teclas de flecha de avance y retroceso, para circular por las opciones disponibles. Para avanzar rápidamente entre las opciones, mantenga pulsada la tecla de manera tal que "se repita automáticamente."

Las teclas de flecha le permiten moverse a la derecha y a la izquierda entre los diversos comandos, buscando la acción que usted desea ejecutar.

Tecla Enter

Cuando se haya decidido por cierta opción del menú, usted puede seleccionarla pulsando [ENTER]. La tecla Enter le informa al RAD7 que usted ha hecho una elección. Usted le está diciendo al RAD7 qué es lo que usted quiere que haga.

La tecla Enter lo hace realidad.

2.1.2 Lista de comandos

La lista de comandos del RAD7 tiene cuatro grupos de comandos: Prueba, Datos, Configuración y Especial. El grupo de comandos Prueba controla la recopilación de nuevos datos sobre el radón. El grupo Datos recupera los datos que están almacenados en la memoria, los transfiere, y descarta los datos viejos, no deseados. El grupo Configurar prepara al RAD7 para operar, de acuerdo con las necesidades que

usted tiene. El grupo Especial es un conjunto de comandos, que están disponibles cuando se carga RADLINK, el software de control remoto.

2.2 *Prueba*

El grupo de comandos Prueba controla la recopilación de datos sobre el radón y le permite manipular la prueba actual (la prueba en curso). Usted puede iniciar y detener la recopilación de datos, guardar o borrar la prueba actual, o imprimir la prueba actual, en el estado en que se encuentre dicha prueba. (Los comandos Prueba no permiten el acceso a los datos almacenados. Tiene que ir a Data, para ello.)

2.2.1 Estatus de la prueba

Para ver la pantalla de estatus, ingresa al comando Estatus de la prueba. Pulse [MENU], [ENTER], [ENTER]

En la pantalla de LCD, usted verá:

0501	Idle	Sniff
00:30:00		00000

En la parte superior izquierda, verá el número de serie/número de ciclo actuales (0501 - run 05, cycle 01.)

El centro muestra el estatus del detector (Inactivo o Activo), y la parte superior derecha muestra el modo de prueba actual (Rastreo, Normal o Captura). Tenga en cuenta que en el modo AUTO, el mensaje cambiará de Rastreo a Normal, después de tres horas de mediciones.

Abajo a la izquierda, aparece el cronómetro descendente (00:30:00 = 30 minutos), que realiza la cuenta regresiva hasta cero, mientras el detector está Activo (es decir, la prueba está en curso). La parte inferior derecha muestra la cantidad total de recuentos, desde el inicio del ciclo actual.

Las teclas de dirección ahora pueden utilizarse para acceder a información adicional del estatus.

Pulse [→] una vez, y verá algo como esto:

Chapter 2

Last reading:
0409 1.80 " 0.74 p

La parte inferior izquierda es el número de serie (2 dígitos) y el número de ciclo (2 dígitos) del último ciclo completado, almacenado en la memoria.

La parte inferior derecha es la lectura de radón y la incertidumbre estadística, seguida por "p", que indica picoCuries/litro, o "b" que indica Bequerelios/metro cúbico.

Cuando un ciclo termina, la información de esta pantalla se actualiza. Si no ha habido todavía lecturas, la pantalla mostrará lo siguiente

No readings yet.

Pulse [→] una vez más, y ahora verá algo parecido a esto:

24.8°C RH: 3%
B: 6.36V P: 00mA

Arriba a la izquierda, se encuentra la temperatura interna. (Para cambiar de Celsius a Fahrenheit, ver Capítulo 2.4.9, Configurar las unidades.)

Arriba a la derecha, aparece la lectura de la humedad relativa interna. Mientras realiza la prueba, mantenga este valor en 10% o menos, usando el desecante.

Abajo a la izquierda, se encuentra el voltaje de las baterías. Este voltaje debería oscilar entre aproximadamente 6,00 V y 7,10 V. Las baterías descargadas (con menos de 6,00 V) deben recargarse tan pronto como sea posible. Unas baterías completamente cargadas tendrán un voltaje de entre 6,40 y 6,50 V. Durante una recarga, eventualmente el voltaje se elevará por encima de 7,00 V. En ningún momento, esta lectura deberá superar los 7,20 V. En el extremo derecho, se muestra la corriente de la bomba. Este número variará entre 00 mA (bomba apagada) y 80 mA. Cuando la bomba funcione con una carga liviana, la corriente oscilará entre 40 y 70 mA. Cuando la bomba funcione con una carga pesada (un filtro tapado o una manguera obstruida), la corriente ascenderá a 90 mA o a valores superiores. Las corrientes de la bomba superiores a 90 mA se consideran una señal de problemas.

Pruebe a cambiar los filtros y verifique que no exista una obstrucción.

Pulse [→] nuevamente, y ahora verá algo parecido a esto:

HV: 2218V, 10%
L: 02 S: 0.21V

Esta pantalla muestra valores diagnósticos. Por lo general, esto tendrá poco interés para usted.

La línea superior es la lectura del alto voltaje y del ciclo de trabajo. El rango de valores normales oscila entre 2.000 y 2.500 V, y entre el 8% y el 18%.

La esquina inferior izquierda muestra la corriente de fuga. A temperatura ambiente, este valor normalmente oscila entre 0 y 10. Generalmente, las temperaturas más altas incrementan este valor. La corriente de fuga excesiva generará "ruido" en el extremo energético más bajo del espectro, y también generará la ampliación de los picos alfa.

La esquina inferior derecha muestra el voltaje de la señal del circuito analógico. Este número debe ser "estable"; es decir, las fluctuaciones no deben tener más de "0,05 V, del valor promedio.

Pulse [→] todavía una vez más, y ahora verá algo parecido a esto:

w	cpm	+/-	%tot
A	6.0	4.3	48.8

Ésta es la ventana de los datos de la Ventana A. Puede pulsar [→] para avanzar a las ventanas B, C, D, etc.

El RAD7 graba 8 ventanas (A - H) cada vez que usted realiza una medición. Estas ventanas dividen los recuentos de las descendientes del radón y del torón, y la radiación de fondo. Las partículas específicas alfa terminan en ventanas específicas.

W: La letra de la ventana.

cpm: Los recuentos por minuto mostrados en la ventana.

+/-: La incertidumbre estadística del valor cpm, también en unidades de cpm.

%tot: La cantidad de recuentos que aparecen en la ventana, como un porcentaje de los recuentos

totales del espectro. Esto le indica a usted rápidamente dónde están la mayoría de los recuentos: En el pico de 3 minutos del radón (Ventana A), o en el pico de larga duración del radón (Ventana C), etc.

Como siempre, pulse la tecla [MENU] para salir de esta pantalla y volver al inicio del menú.

2.2.1a Guardar rápidamente y reiniciar

Esta función le permite al usuario finalizar una prueba de rastreo, almacenarla en la memoria, e iniciar una nueva prueba de rastreo, todo esto utilizando una sola tecla. Funciona solo en el modo RASTREO.

Desde la pantalla de estatus (que muestra el cronometrador de cuenta regresiva), pulse la tecla [ENTER] una vez. La pantalla mostrará lo siguiente:

```
Save and restart  
? Yes
```

Pulse la tecla [ENTER] una vez más para confirmar su intención. Para salir, pulse la tecla [MENU], o pulse una tecla de flecha para seleccionar "No" y pulse [ENTER].

2.2.2 Iniciar la prueba e Interrumpir la prueba

Para empezar la evaluación (o "recuento"), después de elegir la configuración requerida, vaya a [>Iniciar la prueba, pulsando [MENU], [ENTER], [→], y luego [ENTER]. La pantalla indicará que el recuento ha comenzado:

Start counting.

Un segundo más tarde, aparecerá la pantalla Status, con el cronometrador de cuenta regresiva moviéndose:

```
0501      Live      Sniff  
00:29:37      00001
```

Cuando la cuenta regresiva llegue a cero, el RAD7 calculará automáticamente la concentración de radón, guardará (o "salvará") los recuentos en la memoria y volverá los medidores a cero, para comenzar un nuevo ciclo.

Para interrumpir la medición, vaya a >Detener la prueba, pulsando [MENU], [ENTER], [→], [ENTER].

La pantalla responderá con:

Stop counting.

Después de un segundo, la pantalla volverá a la parte superior del menú >Prueba.

Es posible que desee examinar la pantalla de estatus para verificar que el estatus está inactivo.

Para reanudar las pruebas desde exactamente el mismo punto del ciclo donde las interrumpió, seleccione >Iniciar prueba, tal como se describió anteriormente.

Tenga en cuenta que Detener no termina la serie, sino que genera una pausa. Si usted no desea reanudar las pruebas desde el mismo punto, debe seleccionar >Guardar la prueba o >Borrar la prueba antes de continuar. Esto finalizará la prueba suspendida, la almacenará en la memoria (Guardar) o la borrará (Borrar), y volverá los medidores a cero, para empezar una nueva serie.

2.2.3 Guardar la prueba

El comando >Guardar la prueba suspende el recuento y guarda la prueba suspendida (la prueba en curso) en la memoria como si se hubiera llegado a completarla. Guardar la prueba completa la serie actual. Por lo tanto todos los datos de las pruebas posteriores se almacenarán, como una nueva serie. La pantalla muestra momentáneamente el número de serie y de ciclo, con el formato 0101 Saved. A este comando puede accederse, tanto si el estatus está Activo como Inactivo. Este comando siempre deja el estatus en Inactivo.

Usted encontrará este comando especialmente útil cuando desee mover el instrumento a otro lugar, sin tener que esperar que la cuenta regresiva llegue a cero, pero sin perder ese último ciclo incompleto. La calculada concentración de radón del ciclo incompleto sigue siendo útil.

2.2.4 Borrar la prueba

El comando >Borrar la prueba suspende el recuento y finaliza la serie actual, sin guardar el último ciclo incompleto (suspendido). Los datos de las pruebas posteriores se almacenarán como una nueva serie. Para activar este comando, usted debe responder Sí a la pregunta ¿Está seguro?

A este comando puede accederse, si el RAD7 está en estatus Activo o Inactivo. Este comando siempre deja el estatus en Inactivo.

2.2.5 Depurar la prueba

El comando >Depurar la prueba suspende el recuento y comienza a depurar el detector. La bomba comienza a funcionar y el circuito de alta tensión se apaga, con el fin de quitar lo antes posible el gas radón y sus descendientes de la cámara para muestras. Usted debe colocar aire limpio, desecado, sin radón, en la entrada, con el fin de expulsar todo el radón que haya sido analizado previamente. Usualmente, el aire de los espacios exteriores es adecuado para este propósito.

Como siempre, utilice el filtro de entrada y el tubo de secado. Diez minutos suelen ser suficientes para disminuir la radiación de fondo, después de una exposición a cantidades moderadas de radón.

Para secar el RAD7, sin gastar mucho desecante, conecte las mangueras del RAD7 con la unidad de secado, como si fueran un lazo. Cuando la bomba funcione, el mismo aire circulará repetidamente a través del desecante. Este procedimiento eliminará eficazmente la humedad residual del RAD7. Esto no introduce nada de aire fresco. Por lo tanto, no cambia el nivel de radón del instrumento, pero usted puede hacer una medición de la radiación de fondo mientras se encuentra en esta configuración.

Para finalizar la purga, responda Yes a la pregunta Stop purge?, que aparece en la pantalla. Como alternativa, usted puede pulsar [MENU] para poner fin a la depuración.

2.2.6 Bloquear la prueba

Si usted pulsa [ENTER] cuando aparece esto, bloqueará el teclado numérico. La pantalla de LCD mostrará tan solo:

DURRIDGE RAD7

Nadie será capaz de desbloquear el teclado numérico, a menos que sepan el secreto. Si aunque durante una medición se bloqueó el teclado numérico, las lecturas continuarán normalmente. El RAD7 registrará todos los datos, hasta el final de la serie.

Si usted apaga la unidad mientras está bloqueada, se detendrá la medición, pero el teclado numérico seguirá todavía bloqueado, cuando vuelva a encender el RAD7.

Para desbloquear el teclado numérico, mantenga presionadas la tecla [ENTER] y las dos teclas de flecha, juntas, durante 3 a 4 segundos, o hasta que la unidad emita un silbido. A continuación, suelte las tres teclas y pulse [MENU] de inmediato.

2.2.7 Reposar la prueba

El comando >Reposar la prueba le permite a usted apagar la mayoría de los circuitos electrónicos, con el interruptor de encendido activado, para conservar la carga de las baterías. Un RAD7 completamente cargado debe ser capaz de "reposar" durante una semana, alimentándose solo de las baterías. Pulse la tecla menu para "despertar" al RAD7.

La función Reposar era para los modelos más antiguos, que no tenían las opciones Reloj en tiempo real (RTC) y Memoria no volátil (NVRAM). Los instrumentos nuevos y mejorados pueden apagarse por completo, apagando el interruptor de encendido, sin perder los datos almacenados o el reloj.

2.2.8 Imprimir la prueba

El comando >Imprimir la prueba calcula los resultados de un ciclo de prueba incompleto o suspendido y los imprime, de acuerdo con el formato de impresión que está configurado actualmente.

Chapter 2

El resultado del espectro puede obtenerse seleccionando de antemano >Configurar el formato largo.

Si desea cancelar la impresión, pulse la tecla [MENU]. El número de serie y el número del ciclo, que normalmente aparecen en los datos impresos, son reemplazados por 0000, para indicar que el ciclo no se ha completado.

2.2.9 Test Com

El comando >Test Com transfiere los resultados de un ciclo de prueba incompleto al puerto en serie.

Si desea cancelar la transferencia, pulse la tecla menu. El número de serie y el número de ciclo, que normalmente aparecen con los datos, son reemplazados por 0000, para indicar que el ciclo no se ha completado.

2.3 Datos

El grupo de comandos Datos recupera los datos guardados en la memoria, los exhibe, los imprime, los informa en formato gráfico, y los transfiere al puerto en serie. El grupo Datos también incluye comandos para gestionar la memoria. La memoria mantendrá datos de 1.000 ciclos, en hasta 100 series.

Muchos de los comandos del grupo Datos requieren que usted introduzca un número de serie de dos dígitos, después del comando. El número de serie "predeterminado" (el que se establece automáticamente si usted no hace nada) es el número de serie del último ciclo completado dentro de los datos almacenados. Las teclas de flecha le permiten a usted seleccionar cualquier otro número de serie.

2.3.1 Leer los datos

Para examinar las lecturas de radón de esa serie en particular, seleccione >Leer los datos, y luego ingrese el número de serie de dos dígitos. Por ejemplo, seleccione >Data Read 01 para examinar las lecturas de la serie número 01 (la primera prueba guardada en la memoria).

Verá algo como esto:

```
0101 23.3 " 1.54 p
      11:45      19-MAY-99
```

La línea 1 es el número de serie/ciclo, seguido por la concentración de radón, la incertidumbre y el indicador de unidad. Este ejemplo muestra:

```
Run 01, Cycle 01, 23.3 " 1.54 pCi/L.
```

La línea 2 es la hora (horario militar: reloj de 24 horas) y la fecha en que se realizó la lectura.

Pulse [→] para avanzar a la siguiente lectura guardada en la memoria; pulse la flecha de retroceso para volver a la lectura anterior.

Para salir del examen de datos, pulse [ENTER] o [MENU].

Tenga en cuenta que los números grandes se presentan en taquigrafía. El símbolo "K" corresponde a 1.000 y el símbolo "M" corresponde a 1.000.000. Por ejemplo, 33K2 corresponde a 33.200.

2.3.2 Imprimir los datos

Para imprimir una serie de datos guardados en la memoria, seleccione >Imprimir datos, y luego ingrese el número de serie (de dos dígitos). Por ejemplo, para imprimir los datos de la serie 05, seleccione >Data Print 05.

Si el formato de la impresora se ha establecido en Corto, se imprimirá lo siguiente para cada ciclo de la serie:

```
0501 2.69 " 2.83 p          Sniff
      FRI 21-MAY-99 19:41
      26.8 EC   RH: 7%   B:7.06V
```

La línea 1 es el número de serie/ciclo, la concentración de radón, la incertidumbre, el indicador de unidades (p=picoCuries por litro, B=Bequerelios por metro cúbico), y el indicador de modo.

La línea 2 es la fecha y la hora en las cuales se completó el ciclo y se almacenó en la memoria.

La línea 3 es la temperatura (ya sea en "C" Celsius o "F" Fahrenheit), la humedad relativa

Chapter 2

(interna), y el voltaje de las baterías en el momento en que el ciclo terminó.

Si el formato de la impresora se ha establecido en Medio o Largo, entonces, para cada ciclo verá una impresión como ésta:

```
0501 2.69 " 2.83 p Sniff
      FRI 21-MAY-99 19:41
      26.8 EC RH: 7% B:7.06V
Total Counts: 42.
Livetime: 27.8min
A: 0.53"0.08 cpm 47.3%
B: 0.02"0.02 cpm 1.7%
C: 0.52"0.08 cpm 46.4%
D: 0.01"0.02 cpm 0.9%
O: 0.04"0.03 cpm 3.6%
```

Las líneas 1, 2 y 3 son iguales a las del formato Corto, tal como se esbozó anteriormente. La línea 4 es la cantidad total de recuentos detectada durante el ciclo.

La línea 5 es el período activo: el período durante el cual el detector estuvo activo recolectando datos.

Las líneas 6 a 10 son los datos de las ventanas A, B, C, D y O. (O es la ventana de consolidación para los "otros", o los recuentos que no están incluidos en las ventanas A, B, C o D.)

Cada línea de datos de ventanas contiene la letra de la ventana (A, B, C, etc.) seguida por el recuento por minuto (cpm) de la ventana, la incertidumbre estadística de los recuentos por minuto, y el porcentaje de los recuentos totales, incluidos en esa ventana.

NOTA: El RAD7 no almacena los espectros de los ciclos viejos. Por lo tanto, no se imprimirán espectros guardados en la memoria, inclusive si el formato de impresión es Largo. Si usted necesita un espectro, asegúrese de imprimirlo mientras la prueba todavía se está ejecutando.

Si no hay datos para imprimir, el RAD7 emitirá un silbido y en la pantalla aparecerá No tests stored.

Para cancelar una impresión, pulse la tecla menu. Luego, presione el botón de avance de papel de la impresora.

2.3.3 Data Com

El RAD7 tiene un puerto RS232, que puede transferir datos a su ordenador. El RAD7 debe estar en estatus Inactivo.

Para enviar una serie de datos al puerto en serie, seleccione >Data Com, y luego ingrese el número de serie de dos dígitos. Cuando esté listo, pulse [ENTER].

Mientras se envían los datos, en la pantalla aparecerá el siguiente mensaje:

```
Data transfer ...
```

Cuando finalice la transferencia de datos, el RAD7 emitirá un silbido.

Para permitir que su ordenador reciba los datos, debe ejecutarse el software adecuado. Puede utilizarse un programa de emulación de terminal o CAPTURE (el software de enlace de datos que se suministra con el RAD7). Ver Capítulo 6, para obtener más detalles sobre la comunicación de datos.

2.3.4 Resumen de datos

Para imprimir un informe del resumen y un gráfico temporal de los datos de una serie, seleccione >Resumen de datos, y luego introduzca el número de serie, de dos dígitos. Se imprimirá la siguiente información:

```
Run 31
Begin 01-Jun-99 12:49
Serial 00500
Cycles = 048
Mean: 0.77 pCi/l
S.D.: 0.27 pCi/l
High: 1.41 pCi/l
Low: 0.20 pCi/l
```

donde:

La línea 1 es el número de serie.

La línea 2 muestra la fecha y la hora de la primera lectura.

La línea 3 es el número de serie del instrumento.

La línea 4 es el número de ciclos completados durante la serie.

La línea 5 es la media aritmética (o "promedio") de las concentraciones de radón registradas.

Chapter 2

La línea 6 es la desviación estándar de las lecturas realizadas durante la serie.

Las líneas 7 y 8 son las concentraciones más altas y más bajas de radón.

La siguiente línea (la 8) es un gráfico de barras de la concentración de radón a lo largo del tiempo.

La hora del día se imprime a lo largo del borde izquierdo del gráfico. Si solo hay un ciclo de datos, el gráfico de barras no se imprimirá.

Este procedimiento de impresión ha sido programado para varios protocolos. Cuando usted elige uno de los protocolos pre-programados, este informe se imprime automáticamente al final de la serie, junto con un espectro acumulativo.

2.3.5 Memoria libre para datos

Para determinar la cantidad de memoria disponible para almacenar nuevas lecturas de radón, seleccione >Memoria libre para datos, y pulse [ENTER].

Durante aproximadamente dos segundos, en la pantalla se verá algo como esto:

```
910 cycles free.
```

El RAD7 puede almacenar hasta 999 ciclos de datos. A medida que la memoria se llena de datos, disminuye el indicador de Memoria libre para datos. Si el indicador de Memoria libre para datos llega a 000, cualquier intento posterior de almacenamiento de datos en la memoria se traducirá en un error de "memoria llena".

¡Vigile este indicador para evitar pasar vergüenza! Cuando la cantidad de memoria libre se torna incómodamente baja (es decir 200 o menos), considere borrar datos viejos que no necesita, para liberar espacio para nuevos datos. Ver Borrar algunos datos y Borrar todos los datos.

2.3.6 Borrar algunos datos

Para eliminar una serie de datos completa, seleccione >Borrar algunos datos, luego ingrese el número de serie de dos dígitos.

La pantalla le pedirá su confirmación:

```
Delete run 31?  
No
```

Pulse [→] para encontrar Yes. Luego pulse [ENTER] para borrar de la memoria los datos de la serie y liberar espacio para nuevos datos. Los datos de otras series no se verán afectados.

Después de eliminar los datos de una serie, cualquier intento de recuperar los datos dará lugar al mensaje No tests stored. El objetivo principal del comando Borrar algunos datos es liberar selectivamente espacio de la memoria para nuevas pruebas. No se debe confundir Borrar algunos datos con Borrar todos los datos, comando que elimina todas las series de datos de la memoria. Vea también Memoria libre para datos, Numerar nuevamente los datos y Borrar todos los datos.

2.3.7 Numerar nuevamente los datos

Para numerar nuevamente las series restantes en orden consecutivo, después de borrar una o más series, seleccione >Numerar nuevamente los datos. Esto le permitirá liberar números de serie para poder añadir nuevas series, lo cual es necesario cuando el número de serie se acerca a 99.

Digamos que usted ha utilizado 99 series y quiere liberar un poco de espacio para nuevas series. Además, usted ha decidido que ya no necesita los datos de las series 01 a 10. Elimine estas series utilizando Borrar algunos datos. Ahora seleccione >Numerar nuevamente los datos para numerar nuevamente las series. Las series 11 a 99 se convierten en 01 a 89, dejando las series 90 a 99 libres, para aceptar nuevos datos.

El comando Numerar nuevamente los datos no libera espacio de la memoria, solo libera números de serie. El límite de 999 ciclos en la memoria se mantiene, independientemente de que las 99 series hayan sido utilizadas o no.

2.3.8 Data Erase

Seleccione >Borrar todos los datos solo si desea borrar por completo todos los datos de toda la memoria del RAD7. Borrar todos los datos borra todas las series y reposiciona el número actual de ciclo/serie en 0101.

Seleccione >Borrar todos los datos. El RAD7 pedirá la confirmación:

Erase all Tests? No

Pulse [→] para buscar Yes. Pulse [ENTER] para completar el borrado. ¡Usar con precaución!

2.4 Configurar

El grupo de comandos Configurar configura al RAD7 para que realice pruebas, de acuerdo con las necesidades que tiene usted. Cuando se apaga, el RAD7 recuerda todos los parámetros de configuración. Por lo tanto, usted debe acceder a los comandos de Configurar solo para cambiar los parámetros.

Configurar incluye un comando (de un paso) llamado >Configurar protocolo, que sirve para configurar los parámetros más utilizados (Duración del ciclo, Cantidad de reciclados, Configurar el modo y Configurar la bomba), de acuerdo con los "protocolos" preestablecidos. Estos protocolos preestablecidos estándar incluyen: (Ninguno), Rastreo, 1 día, 2 días, Semanas (es decir, por un período indefinido), Usuario (le permite establecer de antemano su propio protocolo), Captura, Wat-40 y Wat250 (para usar con el RAD H20), y Torón.

El comando especial >Setup SavUser define el Protocolo del usuario, de acuerdo con la configuración actual de los parámetros.

2.4.1 Protocolo de configuración

Seleccione >Setup Protocol para cargar automáticamente un grupo de Parámetros de configuración predefinidos, bajo uno de los protocolos estandarizados, o del Protocolo del usuario. Si no desea seleccionar ningún protocolo, usted puede cancelar el comando pulsando la tecla menu, y ningún parámetro cambiará.

Table 2.4.1 Preset protocols

	Ciclo	Reciclado	Modo	Torón	Bomba
Rastreo	00:05	0	Rastreo	Apagado	Auto
1 día	00:30	48	Auto	Apagado	Auto
2 días	01:00	48	Auto	Apagado	Auto
Semanas	02:00	0	Auto	Apagado	Auto
Usuario	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Captura	00:05	4	Rastreo	Apagado	Captura
Wat-40	00:05	4	Wat-40	Apagado	Captura
Wat250	00:05	4	Wat250	Apagado	Captura
Torón	00:05	0	Rastreo	Encendido	Auto

00 cantidad de reciclados indica una longitud indefinida de la prueba. La prueba termina solo si interviene el operador, o si la memoria del RAD7 se llena.

2.4.2 Configurar el ciclo

¿Cuánto tiempo quiere que dure una prueba, y cuán frecuentemente desea que el RAD7 haga una lectura (un ciclo)? Una prueba usual de radón se compone de varios ciclos.

Seleccione >Configurar el ciclo para ajustar la duración del ciclo, o duración de la integración, para realizar una sola lectura del radón. La duración del ciclo puede fijarse entre dos minutos y 24 horas. En un monitoreo continuo, el Ciclo dura usualmente 30 minutos o más. En los rastreos de radón usualmente el ciclo dura 5 ó 10 minutos. En el rastreo del torón, un ciclo de apenas 3 minutos puede ser suficiente.

Después de seleccionar >Configurar el ciclo, pulse [ENTER] y verá algo parecido a esto:

Cycle: 00:30

Primero, seleccione la cantidad de horas (00 a 23), y pulse [ENTER]. A continuación, seleccione la cantidad de minutos (00 a 59) y pulse [ENTER].

Recuerde que una serie incluye muchos ciclos consecutivos. La duración total de la prueba de radón se determina por la duración del Ciclo, multiplicado por la cantidad de ciclos, o Cantidad de reciclados. Para ajustar la Cantidad de

reciclados, utilice el comando >Configurar el reciclado.

2.4.3 Configurar el reciclado

¿Cuánto tiempo quiere que dure una prueba, y cuán frecuentemente desea que el RAD7 haga una lectura (un ciclo)? Usted determina la extensión de su prueba, eligiendo la longitud y la cantidad de ciclos. Si usted hace una lectura cada 30 minutos, necesitará 48 ciclos para obtener una prueba de 24 horas. En este caso, 48 es la Cantidad de reciclados.

Utilice >Configurar el reciclado para establecer la cantidad total de ciclos de una serie completa. Multiplique la Duración del ciclo por la Cantidad de reciclados, para determinar la duración total de la serie.

Seleccione >Configurar el reciclado. Pulse [ENTER] y verá algo como esto:

Recycle: 48

Use las teclas de flecha para cambiar la Cantidad de reciclados, y pulse [ENTER] para completar la selección. La Cantidad de reciclados puede configurarse ente 00 y 99.

Si se selecciona 00, se presume que la cantidad de ciclos será infinita. Seleccione 00 si desea que el RAD7 recolecte datos indefinidamente, o para ir más allá del ciclo 99°. Después del ciclo 99°, el RAD7 simplemente comenzará una nueva serie y continuará recolectando datos. La recolección de datos se detendrá solo cuando intervenga el operador, o cuando la memoria se llene por completo.

2.4.4 Configurar el modo

Seleccione >Configurar el modo, para cambiar el modo de operación del RAD7. Hay cinco modos disponibles: Rastreo, Auto, Wat-40, Wat-250 y Normal.

Se utiliza el modo RASTREO cuando se desea seguir los rápidos cambios de la concentración de radón. Con el modo RASTREO, el RAD7 consigue una respuesta rápida ante los cambiantes niveles de radón, centrándose en el pico alfa de polonio-218 (de 3 minutos), calculando la

concentración de radón, basándose únicamente en este pico.

Con el modo NORMAL, el RAD7 logra mayor precisión estadística, contabilizando los picos alfa del polonio-218 y del polonio-214.

El modo AUTO cambia automáticamente desde el modo RASTREO al modo NORMAL, después de tres horas de medición continua. Esto les permite a los isotopos descendientes del radón (de vida más larga) alcanzar un equilibrio. La primera parte de la serie recibirá los beneficios de la respuesta rápida del modo RASTREO, mientras que las partes finales de la serie se beneficiarán de la precisión estadística superior del modo NORMAL.

Le recomendamos que use el modo AUTO para todas las pruebas de detección y para cualquier prueba para medir la concentración promedio durante un periodo de tiempo. Con el modo AUTO, no hay necesidad de descartar las primeras tres horas de datos, o de calcular ajustes, para corregir el desequilibrio. La concentración media informada en el resumen de la serie debe reflejar con exactitud la media real. Cuando su objetivo sea perseguir y medir los rápidos cambios de la concentración de radón, debe utilizar el modo RASTREO.

El protocolo Wat-40 y Wat250 calculan la concentración de radón en muestras de agua de 40 mL y 250 mL, respectivamente. Necesitan el juego de accesorios para agua RAD H20 para airear el agua, con las condiciones controladas necesarias para realizar estos cálculos.

2.4.5 Configurar el torón

Seleccione >Configurar el torón. Pulse [ENTER] y verá:

Thoron: Off

Utilice las teclas de flecha para alternar entre On y Off, y pulse [ENTER] para completar la selección.

Con Thoron On, la concentración calculada de torón se imprimirá durante el registro continuo de datos, o en la subsiguiente impresión de datos. Además, si la bomba está en modo AUTO, será

dirigido continuamente a la bomba, durante la medición de torón.

Tenga en cuenta que el cálculo del torón presume una configuración estándar de la medición. Usted debe utilizar un tubo pequeño de secado, tres pies de tubería de vinilo y el filtro de entrada. Por lo general, el tubo de secado se lleva en la mano, y se utiliza como una varilla. Si se utiliza una Unidad de secado en laboratorio en lugar del tubo pequeño de secado, se genera un retraso adicional del muestreo. Esto permite que más torón se desintegre antes de llegar al RAD7, reduciendo la sensibilidad de la medición a aproximadamente la mitad de la configuración estándar.

La única diferencia entre el Protocolo de rastreo y el Protocolo del torón es que esta configuración ("Configurar el torón") está desactivada en el Protocolo de rastreo, y está activada en el Protocolo del torón (Ver Protocolo de configuración: Capítulo 2.4.1).

2.4.6 Configurar la bomba

Seleccione >Configurar la bomba para cambiar la configuración de la bomba. Hay cuatro configuraciones de formato disponibles: Auto, Encendido, Captura y Apagado.

Auto significa que el RAD7 conmuta la bomba entre apagada y encendida, de acuerdo con un patrón predeterminado, que permite tomar suficientes muestras de aire, mientras se conserva la carga de las baterías y se evita el desgaste de la bomba.

En la configuración Auto de la bomba, la bomba siempre se enciende durante 4 minutos al inicio de un nuevo ciclo de pruebas, para garantizar una buena muestra inicial. Si la humedad de la celda para muestras se mantiene por encima del 10%, entonces la bomba permanecerá encendida, para permitir que la celda se seque. Luego, la bomba funcionará durante tan solo un minuto de cada cinco, hasta el final del ciclo.

Encendido significa que la bomba está siempre encendida, tanto si el RAD7 está haciendo recuentos (Activo) o no está haciendo recuentos (Inactivo).

La opción Captura inicia una secuencia de muestreo de una captura estándar, al inicio de una

serie. Cuando usted inicia una nueva serie, con la bomba configurada en Captura, la bomba funcionará durante exactamente 5 minutos. Esto es seguido por un retraso del equilibrio (de cinco minutos). Luego, se inicia el período de recuento. La bomba no funciona en absoluto durante el período de recuento. Como de costumbre, usted puede determinar la extensión del período de recuento, multiplicando la duración del ciclo por la cantidad de reciclados. El tiempo total para finalizar una prueba es el período de muestreo de la bomba (5 minutos) más el período de retardo (5 minutos) más el período de recuento. Tenga en cuenta que, los protocolos Captura, Wat-40 y Wat250, bajo >Setup Protocol descripto anteriormente, utilizan esta configuración de bomba.

Apagado significa que la bomba está siempre apagada.

Utilice la configuración Auto de la bomba, para las pruebas rutinarias de radón. El RAD7 ha sido calibrado en la fábrica, con la bomba en esta configuración.

2.4.7 Configurar el tono

Seleccione >Configurar el tono para elegir el tipo de tono audible. Hay tres configuraciones posibles: Apagado, Carillón y Geiger. Apagado significa que el silbido no es audible. Carillón significa que el silbido sonará solo al final de un ciclo. Caso contrario estará silencioso. Geiger significa que la alarma emitirá un chirrido cada vez que se detecte una partícula, muy parecido al conocido contador Geiger. Pero a diferencia de un contador Geiger, el tono del chirrido depende de la energía de la partícula alfa. Un oído entrenado puede distinguir el radón "viejo" del radón "nuevo", por el sonido de los chirridos. El silbido del torón es el tono más alto. Con la configuración Geiger, cualquiera reconocerá un "chorro" de radón por el chirrido vertiginoso que produce el RAD7.

2.4.8 Configurar el formato

Seleccione >Configurar el formato para cambiar la forma en que se imprimirán los datos. Hay cuatro configuraciones de formato disponibles: Corto, Medio, Largo, y Apagado.

El formato Corto hará que el RAD7 imprima los resultados con formato abreviado. Las tres líneas de texto impreso contienen los datos más importantes de un ciclo: el número de serie/ciclo, la incertidumbre y la concentración de radón, las unidades y el modo, la fecha y hora, la temperatura, la humedad relativa (interna), y el voltaje de las baterías.

La impresión Media y Larga incluye siete líneas adicionales de datos: los recuentos totales, el período activo y los recuentos por minuto, para cinco ventanas de energía alfa. Estas siete líneas son los datos en bruto. A partir de estos datos se calculan las concentraciones de radón, que se muestran en la primera línea de la impresión.

Cuando se imprime desde una prueba en curso (Activa), el formato Largo incluye un gráfico del espectro de energía alfa. Dado que los espectros no pueden guardarse en la memoria de largo plazo, cuando se recuperen los datos pasados, el espectro no se imprimirá.

Apagado significa que al final de cada ciclo no se imprimirán datos. Sin embargo, al final de la serie, el espectro acumulativo y el resumen se imprimirán (si la impresora está configurada y encendida).

2.4.9 Configurar las unidades

Seleccione >Configurar las unidades, para cambiar las unidades de medición, mediante las cuales el RAD7 informa la temperatura y la concentración de radón. Primero, ingrese la unidad de concentración del radón (pCi/L = picoCuries por litro, Bq/m³ = Bequerelios por metro cúbico, cpm = recuentos por minuto, #cnts = cantidad de recuentos en bruto). A continuación, introduzca la unidad de temperatura (_F = grados Fahrenheit, _C = grados Celsius o centígrados).

En Estados Unidos, picoCurie es la unidad preferida para medir la actividad del radón. Bequerelios es la unidad preferida en Europa y Canadá. 1 pCi/L equivale a 37 Bq/m³. "Recuentos por minuto" es la salida directa del RAD7. "Cantidad de conteos en bruto" es la salida directa en bruto. Con las funciones período activo, modo y factor de calibración, uno puede hacer conversiones desde cualquiera de estas

unidades a cualquier otra, pero usualmente es más fácil dejar que el RAD7 haga el trabajo.

La elección tiene carácter retroactivo. Cambie la unidad usando el comando >Configurar las unidades. A continuación, imprima los mismos datos. Todo se imprimirá como antes, pero con las nuevas unidades.

2.4.10 Configurar el Savuser

Seleccione Configurar el SavUser para programar el Protocolo de usuario especial, de acuerdo con los Parámetros actuales de configuración. Usted debe responder Yes y pulsar [ENTER], para confirmar que desea cambiar el Protocolo del usuario. El propósito de este comando es darle a usted la oportunidad de personalizar un protocolo, de acuerdo con un conjunto de parámetros favoritos. A partir de entonces, es un juego de niños regresar al mismo conjunto de parámetros: simplemente seleccione >Configurar protocolo [→] Usuario.

El Protocolo del usuario tiene muchas aplicaciones posibles. Una propietaria de un RAD7 usa su instrumento para hacer pruebas de detección durante 3 días. Para facilitar la configuración, ella programa el Protocolo del usuario, fijando los parámetros para una prueba de detección de 72 horas. Para este fin, ella primero establece todos los parámetros, como le gusta que estén. Ingresas 2 horas para la Duración del ciclo, 36 para la Cantidad de reciclados, Auto para la Configuración del modo, Apagado para el torón, y Auto para la Configuración de la bomba.

Por último, para programar el Protocolo del usuario con estos valores, ella selecciona >Configurar el SavUser y contesta Yes a la pregunta de confirmación. Después de eso, ella puede retornar fácilmente al protocolo de 72 horas, seleccionando >Configurar, Protocolo del usuario, en cualquier momento que desee.

2.4.11 Configurar el reloj

Utilice >Configurar el reloj para cambiar las zonas horarias, ingresar o salir del horario de verano, o para sincronizar el reloj del RAD7 con otro reloj. El Reloj en tiempo real (RTC) mantendrá la hora y la fecha durante 10 años. A temperatura ambiente, tiene una exactitud de un minuto por mes.

Seleccione >Configurar el reloj para configurar la fecha y la hora del reloj RAD7. Usted verá:

Time: 15:05:34

El tiempo se expresa primero en horas, luego en minutos y después en segundos. Las teclas de flecha pueden usarse para cambiar cada valor. Si mantiene presionada una tecla de flecha, el número cambiará rápidamente. El cursor (el cuadrado parpadeante) se colocará en la hora en punto. Establezca el número correcto con las teclas de flecha, y luego pulse [ENTER] para confirmar. Haga lo mismo para los minutos y los segundos.

A continuación, usted debería ver:

Date: 13-DEC-11

Las fechas contienen primero el día del mes, luego el mes y finalmente el año. Tal como en el reloj del RAD7, la fecha se establece usando las teclas de flecha para cambiar cada valor. Pulse [ENTER] luego de establecer cada número, para pasar al próximo.

2.4.12 Configurar la revisión

El comando >Configurar la revisión le permite visualizar e imprimir una lista de las actuales configuraciones del instrumento, incluyendo Fecha y hora, Protocolo, Duración del ciclo, Reciclado, Modo, Torón, Bomba, Tono, Formato y Unidades. De esta manera, usted puede comprobar que el instrumento está configurado correctamente, y confirmar esto directamente en los datos impresos.

2.5 Especial

El menú Especial le ofrece acceso a una selección de comandos adicionales, provistos por el software RADLINK con control remoto, del RAD7. Si por alguna razón RADLINK no está presente, cuando ingrese al menú Especial, usted verá lo siguiente:

```
Not installed.  
Install? No
```

Utilice las teclas de flecha para alternar entre Yes y No. Si usted confirma Yes, el RAD7 estará en calma, a la espera de recibir una cadena de datos, en el puerto RS232. Si fuera necesario, Durrige completará este proceso de instalación de RADLINK, cuando el RAD7 se remita para su calibración.

Si RADLINK ya está instalado, entonces >Especial abre un menú de comandos especiales, que pueden activarse con el teclado del RAD7. Se podrá acceder a todos los comandos (tanto estándares como especiales) desde un ordenador remoto, ya sea directamente o por una conexión por módem.

El siguiente conjunto de comandos están disponibles con RADLINK, versión 0252. Las versiones previas tendrán un subconjunto de estos comandos.

2.5.1 Identificación especial

Muestra la secuencia de identificación del RAD7, incluyendo la versión de firmware, el número de modelo del hardware, el número de serie de la unidad, y la fecha de la última calibración.

2.5.2 SPrOn Especial

Re-dirige la salida siguiente, desde la impresora infrarroja hasta el puerto en serie. En otras palabras, todo lo que normalmente se imprimiría bombardeará el puerto en serie, pero no se imprimirá nada, aun cuando usted diga "Imprimir". Una de las razones para utilizar este comando podría ser transferir los datos muy rápidamente a un ordenador, sin esperar la conexión (lenta) con la impresora infrarroja. Con el comando "SPrOff especial", puede cancelar la orden de re-dirección, y reponer el uso de la impresora infrarroja. Cuando usted apaga el RAD7 y vuelve a encenderlo, siempre se restablece la salida hacia la impresora infrarroja.

Tenga en cuenta que con el comando "SprOn especial" los espectros que se imprimirán en la impresora infrarroja no se envían al puerto en serie.

2.5.3 SPrOff Especial

Cancela la re-dirección de la impresora hacia el puerto en serie, de modo que la salida pueda ir nuevamente hacia la impresora.

2.5.4 SetBaud especial

Establece la velocidad de transferencia del puerto en serie. Están disponibles las siguientes velocidades estándar: 300, 600, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, y 19.200 bps. Las otras configuraciones de comunicación son siempre de 8 bits, sin paridad, y con 1 bit de parada. Cuando usted lo apaga, el RAD7 recuerda la velocidad del puerto en serie. Tenga en cuenta que con las configuraciones de velocidad en serie más altas, el RAD7 puede no ser capaz de hacer frente a las cadenas de caracteres entrantes, salvo que se "controle el ritmo" de los caracteres. Este problema puede evitarse con una estrategia de "espera del eco". También tenga en cuenta que cuando envía datos, el RAD7 reconoce el protocolo de control del flujo XOFF/XON.

2.5.5 Estatus especial

Ofrece una instantánea de la página de estatus del RAD7, incluyendo el número de ciclo y el número de serie, el cronometrador de cuenta regresiva, la última lectura, la temperatura, la humedad, y así sucesivamente. Ésta es básicamente la misma información que usted puede obtener con "Estatus de la prueba". Pero "Estatus especial" le brinda datos en un solo paso y no sigue actualizándose cada segundo

2.5.6 Inicio especial

Este comando es igual que "Iniciar la prueba" (ver Capítulo 2.2.2, Iniciar la prueba), pero no ingresa a una pantalla de estatus que se actualiza continuamente.

2.5.7 Detención especial

Igual que "Interrumpir la prueba" (ver Capítulo 2.2.2, Interrumpir la prueba).

2.5.8 Special Comspec

Extrae los actuales datos de la prueba, incluyendo los recuentos de los 200 sumideros de energía alfa. Estos recuentos pueden importarse a un

programa de hoja de cálculo y mostrarse como un gráfico del espectro de energía.

2.5.9 ComAll Especial

(Versión 0244/940221 o posterior) - Transfiere un conjunto completo de datos de pruebas del RAD7 (hasta 1.000 lecturas) al puerto en serie, en un formato delimitado por comas.

2.5.10 SPrAll especial

Transfiere un conjunto completo de datos de pruebas del RAD7 (hasta 1.000 lecturas) al puerto en serie, en un formato estándar, legible, de 24 columnas e imprimible, sin afectar la impresora infrarroja.

2.5.11 S-Load especial

Se utiliza para cargar un software especial en el RAD7, a través del puerto en serie.

2.5.12 Versión especial

Brinda el número de versión de la extensión especial.

2.5.13 Modelo especial

Brinda el número de versión de hardware del RAD7.

2.5.14 Serie Especial

Brinda el número de serie de la unidad RAD7.

2.5.15 Silbido especial

El RAD7 emite un tono de silbido audible. Si el tono está configurado en "Apagado", no hace ningún sonido.

2.5.16 Relés Especiales

Acceda al conjunto de comandos RELÉS. Al final de cada ciclo, si esta función está activada, el RAD7 configurará o re-configurará dos relés externos, de acuerdo con los umbrales configurados individualmente y con el nivel de radón medido. Los comandos son "Relé1", "Relé2", "Activar" y "Desactivar". Utilice las teclas de flecha para desplazarse entre estos comandos. El Relé1 permite al usuario establecer

Chapter 2

un nivel por encima del cual el RAD7 encenderá el relé1, y por debajo del cual apagará el relé. El Relé2 hace lo mismo con el segundo relé. 'Activar' hace que la función tenga efecto. Tenga en cuenta que el comando se envía hacia los relés después de que el RAD7 haya terminado de imprimir los datos, al final del ciclo. "Desactivar" impide que el RAD7 envíe algún comando a los relés.

2.6 Impresora infrarroja

El RAD7 utiliza una conexión de infrarrojos para imprimir en la impresora que se suministra. Observe que todas las referencias a la impresora del RAD7, que se hacen en este manual, aluden a la impresora Chamjin I&C New Handy, modelo 700-BT. La diferencia más significativa entre esta impresora y la hoy obsoleta HP 82240B que se proveía previamente es que a la impresora HP debía proveérsele una alimentación externa de 12 V, para que permaneciera encendida durante más de 10 minutos, entre impresiones. La impresora Chamjin no admite alimentación externa.

La impresora debe colocarse en la placa frontal del RAD7, entre las líneas verdes, como se indicó. Dado que el mecanismo de impresión utiliza tecnología térmica, solo funcionará con papel térmico. En el manual de la impresora Chamjin, se brindan instrucciones detalladas.

Si la impresora se coloca en posición y se enciende antes de encender el RAD7, imprimirá información de identificación y una reseña de la configuración, antes de que el RAD7 pase a >Prueba. Es una buena práctica hacer esto si se tiene pensado imprimir datos de la medición, ya que se proporciona automáticamente un encabezado para la impresión de datos, con la configuración y la identificación del instrumento:

```
DURRIDGE RAD7
Vers 2.5f 991128
Model 711
Serial 00512
Calib 20-MAY-11
Last used
  FRI 21-MAY-11 17:30

Current settings
  FRI 21-MAY-11 19:09
```

```
Protocol: 2-Day
Cycle: 00:60
Recycle: 48
Mode: Auto
Thoron: Off
Pump: Auto
Tone: Geiger
Format: Short
Units: pCi/L EC
```

Al final de cada ciclo, la impresora imprimirá los datos de ese ciclo, según la configuración del formato.

En formato corto, imprime:

```
0102 2.69 " 0.73 p Sniff
  FRI 21-MAY-99 19:41
  26.8 EC RH: 7% B:7.06V
```

Aquí se ve en la fila superior el número de serie y de ciclo, el nivel de radón, la incertidumbre 2 sigma, las unidades y el modo. En la segunda fila, se ve la fecha y la hora. En la tercera fila, se ve la temperatura, la humedad y el voltaje de las baterías.

El formato Medio añade:

```
Total Counts: 357.
Livetime: 28.2 min
A: 5.74" 0.98 cpm 45.4%
B: 0.32" 0.29 cpm 2.5%
C: 6.13" 1.01 cpm 48.5%
D: 0.00" 0.14 cpm 0.0%
O: 0.46" 0.34 cpm 3.7%
```

Donde Lifetime es el verdadero tiempo que se pasó esperando un evento, ligeramente menor que el tiempo transcurrido. Las ventanas A, B, C, D, y todo el resto, O, corresponden a las diferentes energías alfa del espectro.

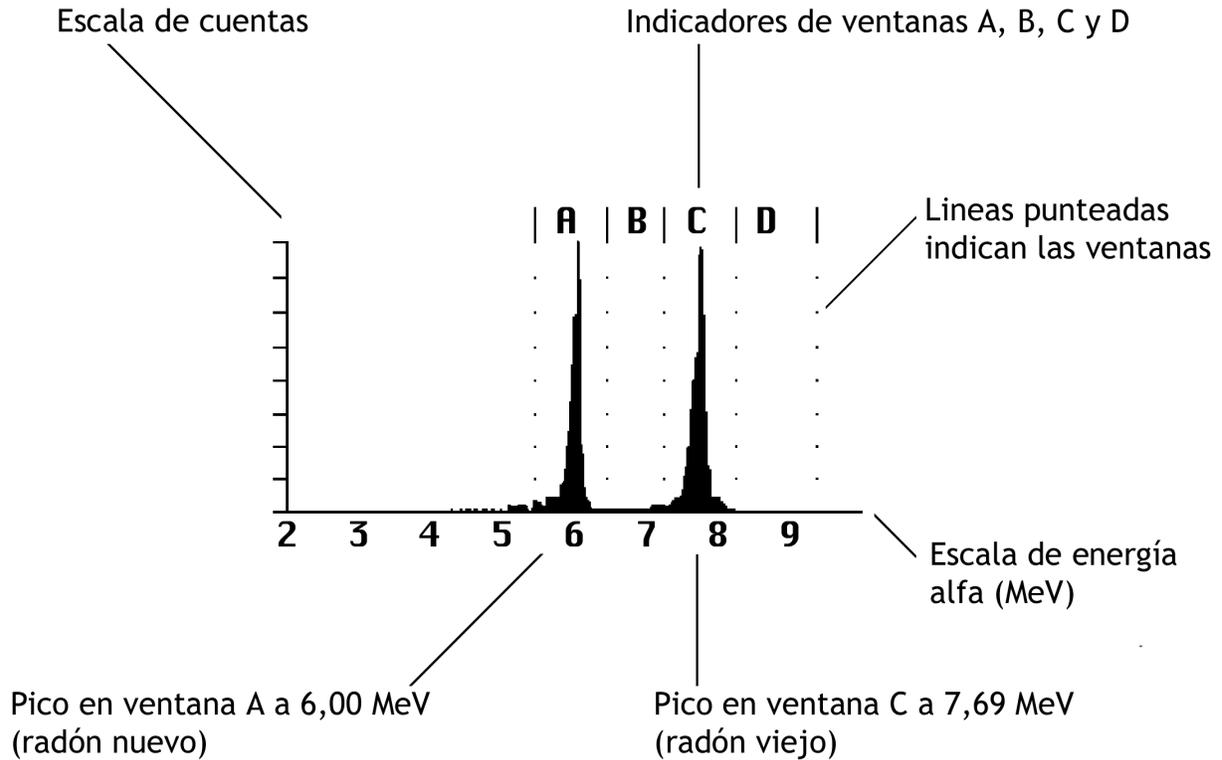
El Formato Largo añade a los formatos Corto y Medio un espectro impreso de las energías alfa, tal como se muestra a continuación.

Al final de una serie, la impresora imprimirá un resumen, ver la figura en el Capítulo 1.4. Se incluirá un promedio de las concentraciones de radón, el valor alto, el valor bajo y la desviación estándar. Estos datos son seguidos por un gráfico de barras, que muestra la variación de la concentración de radón, entre un ciclo y el otro, a lo largo de la serie. Finalmente, se imprime un

Chapter 2

espectro acumulativo, que muestra la distribución de la energía de todas las desintegraciones alfa, contabilizadas durante la serie. Este espectro es muy informativo. Da una buena indicación del estado del instrumento y de la calidad de la

medición. Es un hábito muy útil mirar el espectro acumulativo cada tanto, solo para estar seguro de que no ha cambiado de carácter.



Espectro de energía alfa

3. FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGÍA DEL RAD7: CÓMO FUNCIONA

3.1 *Introducción*

Este capítulo se ocupa de una cantidad de hechos fundamentales sobre el radón y el torón, su medición, en general, y su medición específicamente con el RAD7. No es necesario dominar la física subyacente para hacerse diestro en el uso del instrumento, pero una cierta comprensión de lo que está sucediendo es útil.

Se recomienda que el usuario lea este manual en su totalidad, incluyendo este capítulo, al principio cuando compre el instrumento, y luego otra vez después de adquirir algo de experiencia en el terreno.

3.2 *Cadena de desintegración del radón*

Cuando se formó la Tierra hace miles de millones, probablemente había varios elementos radioactivos incluidos en la mezcla de materiales que se convirtieron en la Tierra. Tres materiales de interés han sobrevivido hasta nuestros días, es decir, el uranio-235, el uranio-238 y el torio-232. Cada uno tiene una vida media, medida en miles de millones de años, y cada uno está en la cima de una cadena de desintegración radioactiva natural.

Un elemento radioactivo es inestable. En algún momento indeterminado, se transformará en otro elemento, emitiendo algún tipo de radiación durante el proceso. Si bien es imposible predecir con exactitud cuándo se producirá la transformación de un átomo individual, podemos medir muy adecuadamente la probabilidad de desintegración, en un intervalo de tiempo dado. Si nosotros empezamos con una muy gran cantidad de átomos de un elemento radioactivo, sabemos con bastante precisión cuánto tiempo pasará antes de que la mitad de esos átomos se hayan desintegrado (aunque no podemos identificar individualmente de antemano los átomos que se desintegrarán). Este intervalo de tiempo se llama la vida media de ese elemento en particular.

La transformación radioactiva natural está acompañada de la emisión de una o más radiaciones alfa, beta o gamma. Una partícula alfa es el núcleo de un átomo de helio. Cuenta con dos protones y dos neutrones. Por lo tanto, una "desintegración alfa" reducirá el número atómico en dos y reducirá el peso atómico en cuatro. Una partícula beta es un electrón, con su carga negativa. Por lo tanto, una desintegración beta aumentará el número atómico en uno y el peso atómico no cambiará. Un rayo gamma es tan solo un paquete de energía. Por lo tanto, una desintegración gamma por sí misma dejaría el número atómico y el peso atómico sin cambios.

Una cadena de desintegración es una serie de transformaciones diversas. Un núcleo de uranio-235 atraviesa una serie de 11 transformaciones hasta convertirse en plomo-207 estable. Un núcleo de torio-232 atraviesa 10 transformaciones hasta convertirse en plomo-208 estable. Un núcleo de uranio-238 atraviesa una serie de 14 transformaciones hasta convertirse en plomo-206 estable.

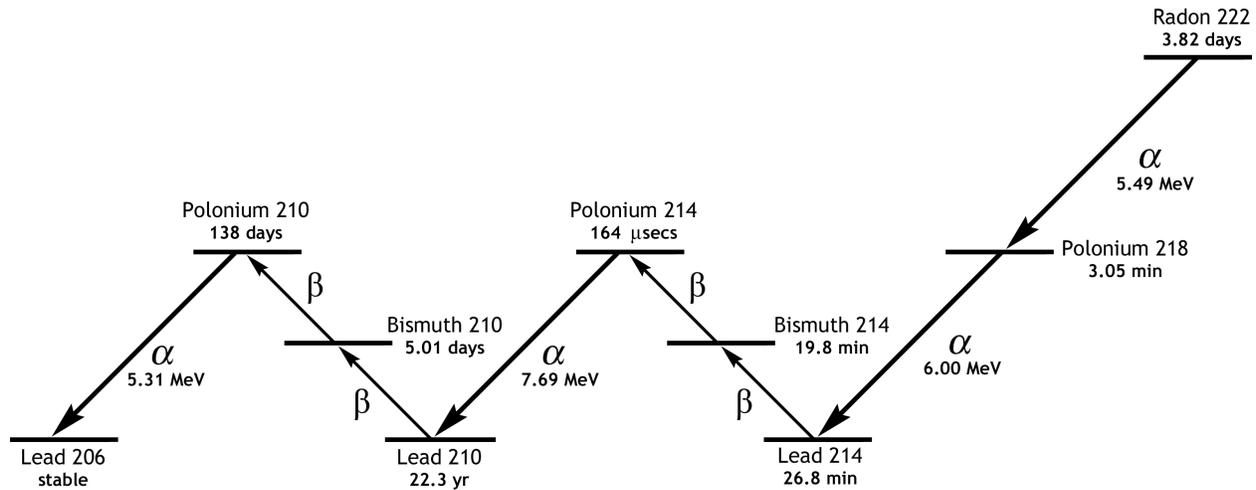
Estas tres cadenas de desintegración natural incluyen isotopos de radón. El radón-219 o "actinón" es un eslabón de la cadena del uranio-235. Probablemente, usted nunca hallará actinón en el aire que se encuentra en los ambientes interiores, debido a su escasez y a su corta vida media. El radón-220 o "torón" es parte de la cadena de desintegración del torio-232. A veces hallará torón en el aire que se encuentra en los interiores, particularmente cerca de los puntos de entrada del radón y, más a menudo, en el gas del suelo. El radón-222 o familiarmente el "radón" es parte de la cadena de desintegración del uranio-238. Casi siempre, usted será capaz de detectar el radón-222 en el aire que se encuentra en los interiores, en el aire externo, y en el gas del suelo.

El isótopo de radón es el primer elemento en cada una de las cadenas de desintegración que no es un metal. De hecho, es un gas inerte o "noble". Por lo tanto, puede escaparse de cualquier compuesto químico donde estuvo su progenitor (el radio) y difundirse por el aire.

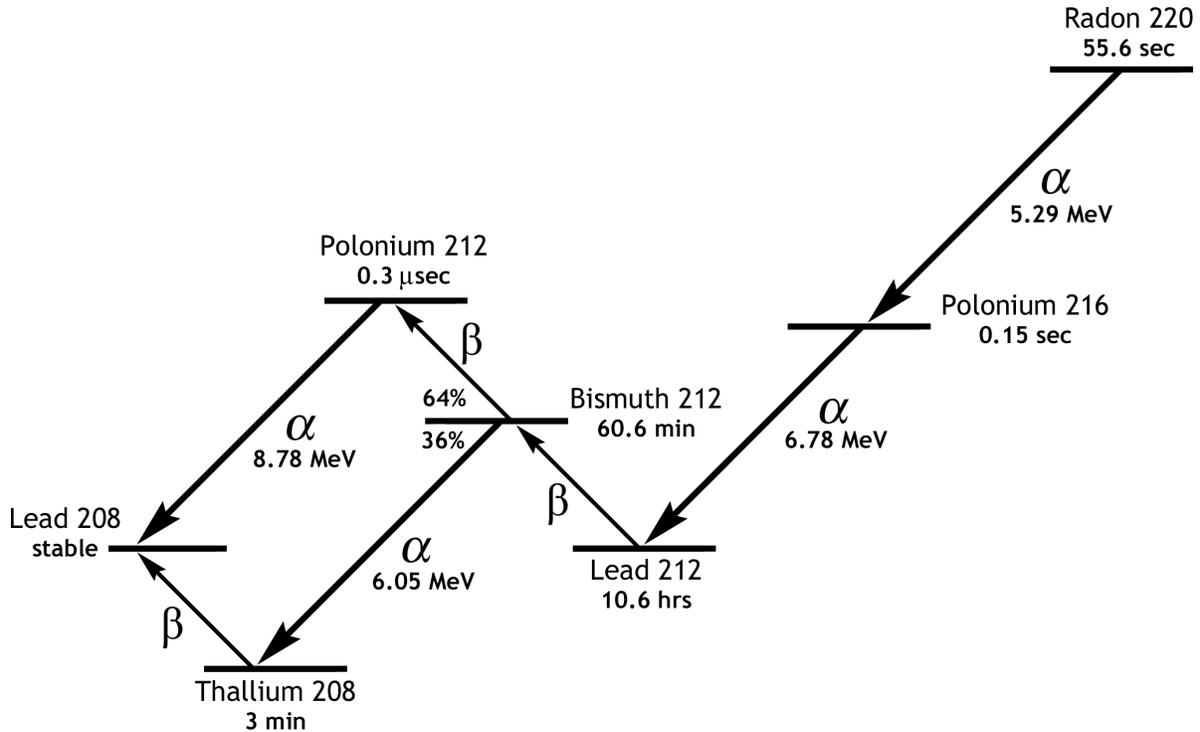
Chapter 3

Para concentrarnos en estos gases inertes, las cadenas de desintegración del torón y del radón que mostramos a continuación son aquellas partes de la cadena de desintegración del torio-232 y del uranio-238 que justamente incluyen esos gases radioactivos y su progenie de corta vida.

Cabe señalar que solamente las desintegraciones alfa cambian el peso atómico, y solo en cuatro escalones. Por lo tanto, los pesos atómicos de todos los miembros de la cadena de desintegración del radón-220 y del torón son divisibles por cuatro, mientras que ninguna cadena de desintegración del radón-222 lo es.



Cadenas de desintegración del radón



Cadenas de desintegración del torón

3.2.1 Radón-222 (radón)

Eventualmente, cada núcleo del radón-222 se desintegra a través de la secuencia: polonio-218, plomo-214, bismuto-214, polonio-214 y plomo-210. Con cada transformación a lo largo de este camino, el núcleo emite radiaciones características: partículas alfa, partículas beta, o rayos gamma, o combinaciones de éstos. El RAD7 fue diseñado solo para detectar partículas alfa, por lo tanto haremos hincapié en la radiación alfa.

El radón-222 es un gaseoso e inerte emisor de partículas alfa, que no se adhiere ni reacciona con ningún material. Tiene una vida media de 3,82 días. Un núcleo particular de radón puede desintegrarse en cualquier momento, pero es más probable que se desintegre entre hoy y los próximos 8 días (dos vidas medias) a partir de ahora. Cuando el núcleo del radón se desintegra, se libera una partícula alfa con 5,49 MeV de energía, y el núcleo se transforma en polonio-218. El núcleo del polonio nunca puede volver a ser radón. Los átomos de polonio son metales y tienden a adherirse a las superficies con las cuales entran en contacto, por ejemplo, una partícula de polvo del aire, o una pared, ¡o el interior de sus pulmones!

Los núcleos del polonio-218 tienen una vida media corta, solo 3,05 minutos, lo que significa que la mayoría de ellos se desintegrará 6 minutos después de su formación. El núcleo de polonio-218 promedio vive solo 4,40 minutos, antes de desintegrarse (la vida media multiplicada por 1,443 veces brinda la vida promedio). Como el radón, el polonio-218 cuando se desintegra emite una partícula alfa, pero con una energía de 6,00 MeV, en lugar de con 5,49 MeV de energía, que posee el radón.

Cuando el polonio-218 se desintegra, se transforma en plomo 214, también un sólido radioactivo. Pero el plomo-214 tiene una vida media de 26,8 minutos, y emite una radiación beta, en lugar de una radiación alfa. Cuando se desintegra, el plomo-214 se convierte en bismuto-214, que también es un sólido radioactivo y un emisor beta. El bismuto-214 tiene una vida media de 19,8 minutos y cuando se desintegra se transforma en polonio-214.

El polonio-214 es un poco diferente. Tiene una vida media de solo 164 microsegundos (0,000164 segundos) y cuando se desintegra emite una partícula alfa de 7,69 MeV. Cuando el polonio-214 se desintegra, se convierte en plomo-210, que tiene una vida media de 22,3 años. Esto significa que a un núcleo de plomo-210 promedio le toma 22,3 años por 1,443 veces (o 32,2 años) desintegrarse. Debido a su larga vida media, usualmente ignoramos el plomo-210 como un factor en la medición del radón, aunque afecta de forma adversa la radiación de fondo de algunos instrumentos, (no la del RAD7).

Eventualmente, el plomo-210 sufre una desintegración beta para convertirse en bismuto-210, el cual rápidamente (5 días de vida media) sufre una desintegración beta adicional, para convertirse en polonio-210. El polonio-210 tiene una vida media de 138 días y se desintegra (con una partícula alfa de 5,30 MeV), para convertirse en plomo-206, el cual es estable. La partícula alfa de 5,30 MeV (proveniente del polonio-210) crea una radiación de fondo no deseada en la mayoría de los monitores de radón, pero no en el RAD7.

3.2.2 Radón-220 (torón)

Al igual que el radón-222, eventualmente todos los núcleos del radón-220 (torón) se desintegran para convertirse en plomo-208 (a través de una secuencia de 5 transformaciones). La principal distinción son las muy diferentes vidas medias involucradas.

El torón tiene una vida media de tan solo 55,6 segundos. Emite una partícula alfa de 6,29 MeV y se transforma en polonio-216, que a su vez tiene solo una vida media de 0,15 segundos, antes de emitir una partícula alfa de 6,78 MeV y de transformarse en plomo-212.

El plomo-212 permanece durante un largo tiempo. Tiene una vida media de 10,6 horas. Se transforma por desintegración beta en bismuto-212, el cual a su vez, tiene una vida media de 60,6 min.

El bismuto-212 sufre una partición de 2:1. Dos tercios se transforman, mediante desintegración beta, en polonio-212. Un tercio se transforma, mediante una desintegración alfa de 6,05 MeV, en talio-208. El polonio-212 se desintegra

inmediatamente para convertirse en plomo-208, emitiendo durante el proceso una partícula alfa de 8,78 MeV. El talio-208, con una vida media de 3 minutos, sufre una desintegración beta para llegar al mismo destino, el plomo-208.

3.3 *Monitores continuos*

En el mercado, hay diversos tipos de monitores continuos de radón. Casi todos ellos están diseñados para detectar radiación alfa, pero no radiación beta o gamma. ¿Por qué? Debido a que es muy difícil construir un detector portátil de radiaciones beta o gamma que tenga baja radiación de fondo y gran sensibilidad.

Actualmente, los monitores de radón electrónicos utilizan tres tipos de detectores de partículas alfa:

1. Celdas de centelleo o "celdas de Lucas"
2. Cámaras de ion
3. Detectores alfa de estado sólido.

Cada uno de estos tipos de monitores tiene sus ventajas y desventajas en comparación con los otros. Todos estos tipos de monitores pueden utilizarse para contabilizar partículas alfa con baja radiación de fondo.

El RAD7 DURRIDGE utiliza un detector alfa de estado sólido. Un detector de estado sólido es un material semiconductor (usualmente silicio), que convierte la radiación alfa directamente en una señal eléctrica. Una ventaja importante de los dispositivos de estado sólido es su robustez. Otra ventaja es la capacidad de determinar electrónicamente la energía de cada partícula alfa. Esto hace posible saber exactamente qué isotopo (polonio-218, polonio-214, etc.) produjo la radiación. Así, usted puede distinguir inmediatamente el radón antiguo del radón nuevo, distinguir el radón del torón y distinguir una señal del ruido. Esta técnica, conocida como espectrometría alfa, es muy ventajosa para aplicaciones de rastreo o de muestreo de captura. Hay muy pocos otros instrumentos aparte del RAD7 que sean capaces de hacer esto.

Hay que distinguir entre verdaderos monitores continuos, en tiempo real, y otros instrumentos y dispositivos. Con un monitor continuo, usted

puede observar la variación de los niveles de radón, durante el período de la medición. A veces esta medición puede mostrar grandes oscilaciones en la concentración de radón y puede permitirle a usted inferir la presencia de procesos que influyen en el nivel de radón. Para obtener datos de buena calidad, es importante que existan recuentos suficientes, para proporcionar lecturas estadísticamente precisas. Los dispositivos que solo brindan una única lectura promedio, o cuya precisión es inadecuada, excepto después de un largo período de medición, no son, en este sentido, monitores continuos.

Otro parámetro importante es la radiación de fondo. Ésta es la lectura provista por el instrumento, cuando no hay radón en la muestra de aire. Para realizar un monitoreo del nivel bajo, es necesario que la radiación de fondo sea extremadamente baja y estable. Gracias al detector de gran calidad de partículas alfa y a su singular análisis de espectros en tiempo real, la radiación de fondo del RAD7 es insignificamente pequeña, y el RAD7 es inmune a la acumulación de plomo-210, que afecta a otros instrumentos

3.4 *Rastreadores*

Rastrear significa tomar lecturas rápidas de algunos puntos al azar. De este modo, usted puede obtener una idea aproximada del nivel de radón, sin esperar los resultados de una prueba completa, de 48 horas, que cumpla con el protocolo EPA. A menudo, la técnica se utiliza para localizar puntos de entrada del radón en los edificios.

Para hacer un rastreo, puede utilizarse cualquier monitor continuo de radón, de respuesta rápida, con una bomba. Sin embargo, hay algunos factores que deben considerarse: uno de ellos es la tasa de recuperación después de la exposición a niveles de radón altos. Cuando el rastreador encuentra un chorro de radón, toda la cadena de desintegración del radón se acumula en el interior del instrumento, y las diversas descendientes aumentan abundantemente. Si ahora el rastreador se traslada a una región de bajo nivel, se necesitarán muchas horas para que las descendientes del plomo/bismuto/polonio-214 se desintegren lentamente. En el RAD7 esto no importa. En el modo RASTREO, el RAD7 solo busca las desintegraciones del polonio-218, e

ignora las desintegraciones del polonio-214, sobrantes de los rastreos anteriores. El polonio-218 tiene una vida media de tres minutos. Por lo tanto, cuando el RAD7 está rastreando los niveles de radón, tiene un tiempo de respuesta de 15 minutos, tanto ante aumentos repentinos como ante descensos bruscos de nivel.

La capacidad de rastrear el torón es exclusiva del RAD7. El polonio-216 tiene una vida media de 150 milisegundos. Por lo tanto, la respuesta del instrumento es virtualmente instantánea. La única tardanza es el tiempo necesario para colocar la muestra de aire en la cámara de medición, lo cual tarda aproximadamente 45 segundos.

Cuando se hacen rastreos, otro factor es la vulnerabilidad (de otros instrumentos) ante la acumulación de plomo-210. Solo con el RAD7 usted puede continuar tomando muestras de los niveles altos, sin tener que preocuparse por si está incrementando la radiación de fondo.

3.5 Nivel de actividad

Las concentraciones de radón se determinan midiendo la radioactividad del radón, o midiendo la radioactividad de los productos generados por la desintegración del radón. Los instrumentos que miden los productos generados por la desintegración del radón en el aire se llaman monitores de "nivel de actividad". Los monitores de nivel de actividad toman una muestra del aire a través de un filtro fino y luego analizan el filtro, buscando radioactividad. La progenie del radón son metales y se adhieren al filtro. Son contabilizados por un instrumento de nivel de actividad. Cuando el radón-222, un gas inerte, pasa a través del filtro, no es contabilizado en dicho instrumento. Por lo tanto, un instrumento de nivel de actividad mide la concentración de la progenie del radón (polonio-218, etc.), en el aire, pero no la concentración de gas radón.

Por otro lado, el RAD7 mide la concentración de gas radón. Las descendientes del radón no tienen ningún efecto sobre la medición. El RAD7 extrae las muestras de aire mediante un filtro fino de entrada, que excluye a la progenie, y deposita las muestras en una cámara, para su análisis. El radón se desintegra en la cámara del RAD7, produciendo una progenie emisora de partículas

alfa detectables, particularmente los isótopos de polonio. Aunque el RAD7 detecta internamente la radiación de la progenie, lo único que mide es la concentración de gas radón.

En resumen, el RAD7 no mide las concentraciones de las descendientes del radón (niveles de actividad), solo mide las concentraciones de gas radón.

3.6 Detector de estado sólido RAD7

La celda interna para muestras del RAD7 es un hemisferio de 0,7 litros, recubierta internamente con un conductor eléctrico. En el centro del hemisferio, hay un detector de partículas alfa, de silicio, aplanado, de iones implantados, de estado sólido. El circuito de alimentación de alta tensión carga el conductor interno, con un potencial de 2.000 a 2.500 V, en relación con el detector, creando un campo eléctrico en todo el volumen de la celda. El campo eléctrico impulsa a las partículas cargadas positivamente a ubicarse sobre el detector.

Un núcleo de radón-222 que se desintegra dentro de la celda deja su núcleo transformado (el polonio-218) como un ion cargado positivamente. El campo eléctrico que existe en el interior de la celda impulsa este ion cargado positivamente hacia el detector, al cual se adhiere. Cuando el núcleo del polonio-218 (de corta vida) se desintegra sobre la superficie activa del detector, su partícula alfa tiene una probabilidad del 50% de entrar en el detector y de producir una señal eléctrica, con una fuerza proporcional a la energía de la partícula alfa. Las desintegraciones posteriores del mismo núcleo producen partículas beta, que no son detectadas, o partículas alfa de energía diferente. Los diferentes isótopos tienen diferentes energías alfa, y producen diferentes señales de fuerza en el detector.

El RAD7 amplifica, filtra y ordena las señales, de acuerdo con su fuerza. En el modo RASTREO, el RAD7 solo utiliza la señal del polonio-218 para determinar la concentración de radón, y la señal del polonio-216 para determinar la concentración del torón, ignorando las descendientes del radón, posteriores y con vida más larga. De esta manera, el RAD7 logra una respuesta rápida ante los cambios de la concentración de radón, y una

rápida recuperación después de las altas concentraciones.

3.7 *Espectro del RAD7*

El espectro del RAD7 es una escala de energías alfa, entre 0 y 10 MeV. Las descendientes del radón y del torón (que generan partículas alfa en un rango de entre 6 y 9 MeV) tienen un interés particular.

Cuando las descendientes del radón y del torón, depositadas en la superficie del detector se desintegran, emiten partículas alfa, con una energía característica, directamente dentro del detector de estado sólido. El detector produce una señal eléctrica. Los circuitos electrónicos amplían y acondicionan la señal, y luego la convierten en un formato digital. El microprocesador del RAD7 recoge la señal y la almacena en un lugar especial en su memoria, de acuerdo con la energía de la partícula. La acumulación de varias señales genera un espectro.

El RAD7 convierte la escala de energía (de entre 0 y 10 MeV) del espectro en una serie de 200 medidores individuales, cada uno de los cuales representa un canal de 0,05 MeV. Cada vez que el RAD7 detecta una partícula alfa, incrementa estos 200 medidores en una unidad. Ocasionalmente, el RAD7 manipula, condensa, imprime y almacena los datos en la memoria de largo plazo. Luego, pone en cero los 200 medidores y comienza el proceso nuevamente.

El espectro idealizado de un emisor de partículas alfa de 6,00 MeV se parece a una escarpia de una sola aguja fina, a exactamente 6,00 MeV.

Aunque el RAD7 se acerca a este ideal, el espectro real muestra un pico ampliado, centrado en, o cerca de, 6,00 MeV, con una "cola" característica, que se extiende hasta los canales de energía más baja. El ruido electrónico del detector y del amplificador hace que los picos se amplifiquen, mientras que las partículas alfa que ingresan en el detector por los ángulos de reflexión generan la cola. Las temperaturas de operación superiores a lo normal tienden a aumentar el ruido electrónico, y así aumentan el ancho de los picos.

En el espectro, una combinación de diferentes emisores alfa aparecen como una serie de diferentes picos. Por ejemplo, una combinación de cantidades equivalentes de Po218 y Po214 (como ocurriría en el caso del equilibrio de las descendientes del radón) aparece como picos alfa gemelos. Un pico (Po218) se centra en 6,00 MeV, mientras que el otro pico (Po214) se centra en 7,69 MeV.

El segundo espectro de ejemplo, que se muestra en el Capítulo 3.13, es la firma característica del radón en equilibrio, con sus descendientes emisoras de partículas alfa. Después de varias horas, esperaríamos ver un espectro como éste, con un nivel de radón constante. La partícula alfa de 5,49 MeV emitida directamente por el radón-222 no aparece en el espectro del RAD7, porque se creó en el aire, no en la superficie del detector. El átomo del radón-222 es inerte y neutro eléctricamente, y no puede ser atraído por el detector de estado sólido. Solo después de que se desintegra convirtiéndose en polonio-218, el átomo realmente se carga positivamente y por lo tanto es impulsado hacia la superficie del detector.

El espectro del RAD7 muestra descendientes del radón, pero no al propio radón. No hay que confundir el espectro del RAD7, con el espectro de un instrumento de nivel de actividad. Los picos alfa pueden semejar ser iguales, pero el RAD7 está realmente midiendo el gas radón, no el nivel de actividad.

3.8 *Ventanas*

El RAD7 agrupa los 200 canales del espectro, en 8 "ventanas" diferentes o rangos de energía. Por ejemplo, la Ventana A cubre el rango de energía que va de 5,40 a 6,40 MeV. Así, la ventana A incluye la partícula alfa 6,00 MeV proveniente del polonio-218. El primer paso para convertir los datos brutos del espectro en una medición de radón es sumar todos los recuentos de cada ventana y dividir ese número por la duración de la recolección activa de datos o el "período activo" del detector. De esta manera, el microprocesador del RAD7 hace esta tarea y almacena los resultados en la memoria. Usted puede recuperar e imprimir los datos de ventana de mediciones anteriores. El RAD7 agrupa las ventanas E, F, G

y H para formar la ventana O (para "otros"), antes de guardar los datos en la memoria. Las impresiones del espectro señalan claramente las ventanas A, B, C y D mediante líneas de puntos.

Ésta es la función de cada ventana:

A. Recuentos del Modo rastreo del radón. El recuento total de las partículas alfa provenientes de la desintegración del Po218 (de 6,00 MeV y 3 minutos).

B. Ventana del torón 1. Los recuentos totales en la región de la desintegración del Po216 (6,78 MeV, con una duración de 0,15 segundos). Esta ventana se encuentra entre las ventanas A y C de los grupos del radón. Puede tener algunos recuentos provenientes del desbordamiento de las ventanas adyacentes.

C. Recuentos del Po214. Los recuentos totales de las partículas alfa de 7,69 MeV, provenientes de la desintegración de la tataranieta del radón, la cual tiene una vida media efectiva de casi una hora.

D. Ventana del torón 2. Los recuentos totales en la región de la desintegración efectiva (de 8,78 MeV) del Po212, que tiene una vida media de aproximadamente 10 horas.

E. Ventana de energía alta. Una ventana de diagnóstico, que normalmente tiene recuentos cercanos a cero. Si los recuentos de esta ventana son una gran fracción de los recuentos de la ventana A o B o C o D, es probable que el RAD7 no esté funcionando correctamente.

F. Recuentos de ruido bajo. Una ventana diagnóstica, que brinda los recuentos totales de los primeros 10 canales. La tasa de recuento de la Ventana F es una medición del ruido del sistema. Los recuentos pueden ser altos si se hace funcionar al RAD7 con temperaturas muy altas.

G. Recuentos de ruido medio. Una ventana diagnóstica, que brinda los recuentos totales en la región alrededor de los canales 30 a 40. Normalmente, la Ventana G tiene pocos recuentos, incluso cuando la Ventana F muestra una tasa alta de recuentos.

H. Ruido alto o Ventana Po210. Los recuentos totales en la región de la partícula alfa de 5,31 MeV, proveniente del Po210 (polonio-210), la

nieta del Pb210 (plomo-210). Dado que el plomo-210 (22 años de vida media) se genera por la desintegración de la progenie del radón que nosotros medimos, este isotopo se acumulará en la superficie sensible del detector, como resultado de la medición continuada de concentraciones muy altas de radón, o muchos años de uso normal. Esta ventana no se utiliza para calcular los niveles de radón. Por lo tanto, el RAD7 funcionará bien, incluso si este isotopo está presente y la radiación de fondo no se verá afectada.

O. Ventana compuesta para "Otros". Las ventanas E, F, G y H del RAD7 se agrupan para formar la ventana compuesta O. La ventana O captura todos los recuentos que no entraron en las ventanas principales A, B, C y D. Si la Ventana O recibe regularmente más del 30% de los recuentos totales, usted debe inspeccionar si la impresión del espectro muestra señales de problemas.

3.9 *Equilibrio de isotopos*

Tome un RAD7 que está completamente limpio, sin radón ni descendientes en su interior. ¿Qué ve el detector? Casi nada. Menos de un recuento alfa por hora, debido a una contaminación inevitable de los materiales con que se ha construido el instrumento. Ésta es la radiación de fondo intrínseca del instrumento. La mayoría de las personas lo ignoran, porque consideran que no tiene importancia. La radiación de fondo intrínseca puede añadir 0,01 pCi/L a una medición usual, un valor que se halla muy por debajo de la concentración de radón del aire de los espacios exteriores (usualmente 0,10 a 1,00 pCi/L).

Ahora introduzca un poco de radón en el RAD7. ¿Qué ve? Al principio, tal vez nada. Sin embargo, a los pocos minutos, usted comenzará a ver recuentos en la Ventana A. El RAD7 chirría alegremente ante cada recuento. Ése es el polonio-218, un resultado de la desintegración del radón-222, en el interior de la cámara para muestras del RAD7.

Durante los primeros 5 minutos o algo así, la tasa de recuento aumenta, luego comienza a alcanzar un nivel constante. Después de alrededor de 10 minutos, decimos que la descendiente del polonio-218 ha alcanzado casi un equilibrio con el progenitor del radón-222.

El equilibrio se alcanza cuando la actividad de las descendientes se estabiliza (ni aumenta ni disminuye). En este punto, casi todos los recuentos caen en la ventana A y en la impresión del espectro usted ve un solo pico.

Sin embargo, la tasa total de recuentos todavía sigue aumentando, ahora más lentamente. Usted comenzará a ver que en la Ventana C aparecen recuentos, solo unos pocos, pero cada vez más, durante el transcurso de la próxima hora o dos. Después de 3 horas o algo así, alcanzamos el equilibrio total, cuando las actividades de todas las descendientes se estabilizan. Ahora, el espectro muestra los picos gemelos característicos: del polonio-218 en la Ventana A y del polonio-214 en la Ventana C. Los picos tienen un tamaño casi idéntico.

Ahora limpie el RAD7 con aire fresco, sin radón. De inmediato, la tasa de recuento de la Ventana A comenzará a caer, tan rápido como subió la primera vez que usted introdujo el radón. Sin radón en el interior del RAD7, no hay una fuente para reemplazar al polonio-218 que se desintegra. Así, el polonio-218 desaparece con su característica vida media de 3,05 minutos.

Después de 3,05 minutos, la tasa de recuento de la Ventana A disminuye a la mitad. Después de 6,10 minutos, la tasa de recuento es la mitad de eso, o sea, una cuarta parte de lo que era antes. Usted tiene el panorama. Después de 10 minutos, casi no hay ningún recuento en la Ventana A. Sin embargo, no ocurre lo mismo en la Ventana C. En esta ventana, el espectro muestra todavía un único pico pronunciado.

El pico de la Ventana C tardará horas en desaparecer. Después de media hora, la tasa de recuento de la Ventana C ni siquiera se ha reducido a la mitad. El polonio-214 puede tener una vida media muy corta, pero sus progenitores (el plomo-214 y el bismuto-214) ciertamente no la tienen. Uno tiene una vida media de 26,8 minutos, y el otro tiene una vida media de 19,8 minutos. Y son secuenciales, lo que empeora las cosas.

Después de que usted quita completamente el radón, pueden transcurrir unas buenas 3 o más horas antes de que el recuento realmente desaparezca de la Ventana C. A la Ventana C la

denominamos la ventana del "radón viejo", dado que representa los recuentos del radón que estaba presente en el RAD7 un hora o más antes.

Los efectos del tiempo en las ventanas B y D son similares, pero mucho más pronunciados. Con el polonio-216, el RAD7 no genera ningún retraso. Por lo tanto, la tasa de recuento de la Ventana B está siempre en equilibrio con el gas torón que se encuentra en la cámara de medición. En contraposición, la cadena de desintegración que desciende hasta el polonio-212 tiene una vida media de 10 horas. Por lo tanto, a la Ventana D le tomará días alcanzar el equilibrio. En consecuencia, cuando se hace un rastreo del torón, no se contabiliza la Ventana D.

Nótese, sin embargo, que por cada 66 recuentos de la Ventana D, habrá 34 recuentos en la Ventana A. Esto se debe a la división de dos vías del bismuto-212. Por lo tanto, para calcular la concentración del radón, el RAD7 corrige los recuentos de la Ventana A de todas las descendientes del torón, que se muestran en la Ventana D.

3.10 Modos: Rastreo y Automático

Las descendientes del radón "viejo" pueden ser un verdadero fastidio, si no se las puede distinguir del radón "nuevo". La mayoría de los monitores de radón no le ayudarán nada con este tema, pero el RAD7 sí lo hará. Esperar que se alcance el equilibrio también es un desafío, si significa sentarse a esperar durante más de 2 horas. Es posible calcular cómo salir de este problema, pero el radón "viejo" siempre vuelve a atacarlo. Con el RAD7, la solución es simple e indolora. Ponga el RAD7 en modo RASTREO.

El modo RASTREO significa que el RAD7 calcula la concentración de radón a partir de los datos que se encuentran en la Ventana A solamente. Ignora la Ventana C. Ahora, el instrumento responde ante los cambios casi instantáneamente. ¿Ha encontrado un "punto caliente?" No hay problema. Con el modo RASTREO, puede purgar la cámara para la muestra y en 10 minutos está listo para medir los bajos niveles nuevamente, con exactitud razonable. Usted puede trasladarse de un punto a otro punto en minutos, buscando los puntos de

entrada del radón en grietas de los cimientos y orificios realizados para la prueba.

Para realizar un monitoreo continuo en una ubicación durante muchas horas, el camino correcto es el modo NORMAL. El modo NORMAL significa que el RAD7 usa los picos A y C de radón, para calcular la concentración. Con una tasa de recuento doble, usted aumenta la precisión de la medición. En los ambientes interiores, la concentración de radón rara vez fluctúa lo suficientemente rápido para justificar usar el modo RASTREO, con el objeto de realizar un monitoreo continuo.

Lo mejor de los dos mundos lo brinda el modo AUTO. Con este modo, el RAD7 inicia una serie de prueba en el modo RASTREO. Después de tres horas, cambia automáticamente a modo NORMAL. De esta manera, los primeros ciclos brindan lecturas sin ningún tipo de sesgo, ya sea de las descendientes del radón "viejo", que quedaron en el detector, o de la acumulación lenta para alcanzar el equilibrio de la Ventana C, mientras que el resto de las lecturas se beneficia de la mayor precisión provista por el doble de recuentos de cada ciclo.

Para hacer un monitoreo en tiempo real, lo que más le conviene es dejar el modo en AUTO. El RAD7 tiene ganas de acelerar rápidamente, y no es influenciado por las mediciones viejas. Por lo tanto, el promedio final de la serie es más exacto y más fiable.

CAPTURE puede leer un archivo de datos y forzar la presentación de los datos en el modo RASTREO, lo cual le permite al usuario cambiar la configuración retrospectivamente.

Así, si al mirar los datos obtenidos en el modo NORMAL, se produce lo que parece ser un cambio rápido de la concentración del radón, cambiar a la presentación de modo RASTREO forzado, en CAPTURE, permitirá echar otro vistazo a los cambios, con una mejor resolución temporal.

3.11 Radiación de fondo

La "radiación de fondo" de un detector de radón se refiere a los recuentos falsos que se producen

incluso en la ausencia de radón. La radiación de fondo puede surgir como resultado de las propiedades del instrumento o sus componentes, otras formas de radiación que se encuentran en el ambiente donde está el instrumento, o la contaminación del instrumento.

El diseño del RAD7 hace que sea mucho menos susceptible a la radiación de fondo que otros monitores de radón, pero inclusive así, usted debe estar consciente de la radiación de fondo del RAD7 para evitar cometer errores. La siguiente lista brinda posibles fuentes de radiación de fondo, para el RAD7:

3.11.1 Descendientes del torón y del radón de corta vida

Éstos son por lejos los componentes más importantes de la radiación de fondo del RAD7. Las descendientes del radón y del torón (que normalmente se acumulan en el detector alfa en estado sólido del RAD7) siguen produciendo recuentos alfa durante algún tiempo, luego de que se han eliminado los gases radón y torón del instrumento. Estas persistentes descendientes pueden confundir enormemente el resultado, cuando uno intenta medir la muestra con niveles bajos de radón, inmediatamente después de una muestra con altos niveles de radón.

Muchos detectores de radón exigen que espere que las descendientes se desintegren lentamente (alrededor de tres horas) antes de medir otra muestra. Con el RAD7, sin embargo, usted puede ir desde concentraciones altas hacia concentraciones bajas en cuestión de minutos, midiendo en modo RASTREO, dado que el RAD7 distingue las diferentes descendientes emisoras de partículas alfa por su energía alfa. La medición resultante responde con una vida media de 3,05 minutos. Entonces, 10 minutos después de que se ha quitado el radón del instrumento, la radiación de fondo se habrá reducido más del 90% y usted podrá evaluar una nueva muestra.

Las descendientes del torón tienen peor comportamiento que las descendientes del radón. Una descendiente del torón, el plomo-212, tiene una vida media de 10,6 horas, de forma tal que con otros monitores del radón, si usted acumula grandes cantidades de esta descendiente, deberá esperar uno o dos días, antes de usar su

instrumento para medir el radón nuevamente. La capacidad del RAD7 para distinguir las descendientes por su energía alfa casi siempre permite seguir trabajando.

3.11.2 Gas radón adsorbido

Los átomos de radón pueden adsorberse sobre la superficie o absorberse dentro de la superficie interna del RAD7, en el interior de la tubería, o en los gránulos de desecante. Este radón puede permanecer después de que usted purgue el instrumento. Luego puede producirse una desorción (purificación de gases) de estas superficies y puede ingresar en el volumen de la celda para muestras. Generalmente, este efecto es insignificante dado que solo una pequeña fracción de radón es adsorbido alguna vez. Sin embargo, en concentraciones de radón muy altas (más de 1.000 pCi/L), incluso una pequeña fracción puede ser importante. Usted puede esperar ver un poco de radón persistente, después de purgar el instrumento.

La mejor solución es purgar durante 10 minutos cada varias horas hasta que la tasa de recuentos se extinga. Incluso en el peor de los casos posibles, el radón debe desintegrarse (con una vida media de 3,82 días). Por lo tanto, eventualmente usted será capaz de utilizar el instrumento de nuevo.

3.11.3 Radiación de fondo intrínseca

Debido a que hay concentraciones muy bajas de contaminantes, emisores de partículas alfa, en los materiales usados para construir el RAD7, usted puede esperar obtener un recuento cada dos horas (0,009 cpm), sin ningún radón presente. Esta tasa de recuento, que corresponde a aproximadamente 0,02 pCi/L, es lo suficientemente baja para descartarla, cuando se hace una medición rutinaria del radón en los ambientes interiores. Pero para los niveles muy bajos de radón al aire libre, o para aplicaciones de habitaciones especialmente limpias, esta radiación de fondo puede ser significativa. Con una técnica minuciosa y monitoreo a largo plazo, puede medirse. Se puede corregir la radiación de fondo de las lecturas de niveles muy bajos. De esta manera se lleva el umbral de detección del instrumento por debajo de 0,02 pCi/L.

3.11.4 Descendientes de radón de larga vida

Después de usarlo muchos años con niveles elevados de radón, su detector RAD7 acumulará plomo-210 (un isótopo con una vida media de 22 años). Aunque el plomo-210 es él mismo un emisor de partículas beta, una de sus descendientes es el polonio-210, el cual produce una partícula alfa de 5,3 MeV. El RAD7 es capaz de distinguir este isótopo por su energía, y excluirlo de todos los cálculos. Nosotros no esperamos que la acumulación de plomo-210 contribuya significativamente a la radiación de fondo del RAD7, inclusive después de años de uso ordinario.

3.11.5 Contaminación por radón, o torón, que produce sólidos

Si el radón o el torón que producen sólidos (tales como el radio-226 o el torio-228), quedan atrapados en los filtros o mangueras de ingreso, pueden emanar gas torón o radón, que serán transportados a través de los filtros, hacia el interior del instrumento. Ciertos suelos polvorientos pueden contener bastantes de estos isótopos para hacer posible esta situación. Si sospecha que se ha producido este tipo de contaminación, por favor llame a DURRIDGE. Nos gustará discutir con usted sobre su experiencia y ayudarle a resolver su problema.

3.11.6 Otros emisores de partículas alfa

Siempre y cuando filtre la corriente de aire entrante, hay muy poca o ninguna posibilidad de que se produzca una contaminación del instrumento, con otros emisores de partículas alfa. Virtualmente, todos los sólidos serán parados por los filtros de entrada. El único otro gas emisor de partículas alfa que surge naturalmente (que no es el radón ni torón) es el radón-219, o "actinón". El actinón (el cual tiene una muy corta vida media, de menos de cuatro segundos) surge de la desintegración del uranio-235 que aparece naturalmente. Pero dado que el uranio-235 es mucho menos abundante que el uranio-238 (el ancestro del radón-222), no esperamos ver nunca actinón en cantidades significativas, además de cantidades aun más significativas de radón.

3.11.7 Emisores de partículas beta y gamma

El detector de partículas alfa en estado sólido del RAD7 es casi completamente insensible a la radiación beta o gamma. Por lo tanto, no habrá interferencia de los gases emisores de partículas beta o de los campos de radiación gamma. El efecto más probable de los altos niveles provenientes de las radiaciones beta o gamma será un aumento de la corriente de fugas del detector y un aumento del ancho del pico alfa. Los niveles ambientales usuales de los emisores de partículas beta y gamma no tienen absolutamente ningún efecto sobre el RAD7.

3.12 Precisión y exactitud

3.12.1 Funcionamiento en seco

"Precisión" significa exactitud de la medición, con respecto a la fiabilidad, consistencia y posibilidad de repetir la medición. "Exactitud" significa la precisión de la medición con respecto al cumplimiento con el estándar de medición. Un instrumento exacto es necesariamente preciso, pero un instrumento preciso puede ser inexacto (debido a errores de calibración, por ejemplo).

Siempre y cuando el operador siga procedimientos consistentes, las estadísticas de contabilización dominarán la precisión del RAD7. Los factores ambientales han demostrado ser mucho menos significativos en rangos normales de operación. Además de la precisión, el factor más importante para la exactitud es la calibración.

DURRIDGE calibra todos los instrumentos de acuerdo con un conjunto de cuatro instrumentos "magistrales", con una precisión en la calibración de alrededor del 1%. Los instrumentos magistrales han sido calibrados por medio de una inter-comparación con cámaras de radón estándares secundarias, designadas por la EPA estadounidense. Estimamos que la exactitud del instrumento magistral está dentro del 4%, en base a resultados de inter-comparación. Estimamos que la exactitud total de la calibración de su RAD7 es superior al 5%. Deseamos con ansia que se produzcan nuevos desarrollos en la estandarización de la trazabilidad, los cuales esperamos que ayuden a mejorar la exactitud de la calibración.

La siguiente tabla resume la precisión del RAD7 de acuerdo con la contribución de las estadísticas de recuento. Las estadísticas de recuento dependen de la sensibilidad (factor de calibración) y de la tasa de recuento de la radiación de fondo. La tasa de recuento de la radiación de fondo intrínseca o "fija" del RAD7 es tan baja que resulta un colaborador insignificante para lograr la precisión, para el rango de concentraciones de radón cubiertas por la tabla. Los factores ambientales y otros factores pueden afectar la precisión un 2%. Los valores inciertos informados por el RAD7 son estimaciones de la precisión, que se basan solo en estadísticas de recuento y son valores 2 sigma, tal como lo son los valores de la siguiente tabla.

Tabla: 3.12 Precisión usual del RAD7 basada solo en las estadísticas de recuento.

El Modo NORMAL con una sensibilidad de 0,500 cpm/pCi/L. Los valores de la tabla tienen una incertidumbre 2 sigma (o intervalo de confianza del 95%) en unidades de pCi/L (porcentaje).

	1 pCi/L	4 pCi/L	20 pCi/L	100 pCi/L
1 hr	0.37 (37%)	0.73 (32%)	1.64 (8.2%)	3.65 (3.7%)
2 hr	0.26 (26%)	0.52 (13%)	1.15 (5.8%)	2.58 (2.6%)
6 hr	0.15 (15%)	0.30 (7.4%)	0.67 (3.4%)	1.49 (1.5%)
24 hr	0.07 (7.4%)	0.15 (3.8%)	0.33 (1.7%)	0.74 (0.7%)
48 hr	0.05 (5.3%)	0.10 (2.6%)	0.23 (1.2%)	0.53 (0.5%)
72 hr	0.04 (4.3%)	0.09 (2.1%)	0.19 (1.0%)	0.43 (0.4%)

3.12.2 Corrección de la humedad

Gran parte de la funcionalidad superior del RAD7 es resultado del análisis de espectros con alta precisión y en tiempo real que realiza el instrumento. La alta resolución del espectro de energía se obtiene precipitando las descendientes del radón, que se han producido por la desintegración del radón, justo sobre la superficie activa del detector alfa. La alta sensibilidad del RAD7 es el resultado del gran volumen de recolección de la cámara de medición. La combinación de un proceso de precipitación y un gran volumen de recolección significa que la humedad dentro de la cámara de medición afectará la sensibilidad del instrumento. El efecto es una función de la humedad absoluta; específicamente, los iones en presencia de vapor de agua atraerán moléculas de agua, dado que ellas son polares, hasta que un racimo de 6-10 moléculas se agrupan alrededor de cada uno de los iones. Estas moléculas en racimo se mueven más lentamente en el campo electrostático y, por lo tanto, mientras se dirigen a la superficie del detector, los átomos de 218-Po tienen más tiempo para neutralizarse, y en consecuencia, perderse. Por lo tanto con una gran humedad, la sensibilidad del instrumento desciende. Además, el alto voltaje (2.200 V) que mantiene el campo electrostático proviene de una fuente de gran impedancia. Una humedad excesiva dentro de la cámara hace más difícil mantener la gran resistencia del aislamiento necesaria.

Con una temperatura ambiente normal y con un buen desecante en la trayectoria de la muestra de aire, la humedad de la cámara de medición al comienzo de una medición descenderá rápidamente por debajo del 10% de humedad relativa y eventualmente se asentará debajo del 6%. En estas condiciones la recolección tiene una eficiencia máxima y no se requiere una corrección de la humedad. Si el desecante vence y/o la temperatura de operación sube muy por encima de la temperatura ambiental normal, la humedad absoluta puede tornarse significativa y puede necesitarse una corrección de la humedad para compensar la caída de la sensibilidad.

Mientras que la humedad alta reduce la sensibilidad del RAD7, CAPTURE ofrece una corrección automática de los datos, haciendo que

las lecturas regresen a valores cercanos a los secos. Por favor, observe que la precisión se degradará, en comparación con las lecturas realizadas en condiciones secas. Ver Capítulo 6.

3.12.3 Incertidumbres sobre la concentración

Obtener lecturas exactas de bajas concentraciones de radón a menudo requiere ciclos largos, porque cuando no hay ningún recuento o muy pocos durante un período determinado, la incertidumbre estadística es proporcionalmente alta. Las desintegraciones obedecen a las Estadísticas de Poisson, donde la desviación estándar (un sigma) es la raíz cuadrada del recuento. Sin embargo, con recuentos muy bajos, las estadísticas de Poisson subestiman la incertidumbre. Para compensar, el RAD7 usa $\sigma = 1 + \sqrt{N+1}$, donde N es la cantidad de recuentos. Por lo tanto, cuando no hay recuentos, en lugar de informar una incertidumbre cero absurda, el RAD7 informa un valor de incertidumbre que se basa en dos sigma, un intervalo de confianza del 95%, equivalente a +/- 4 recuentos, para un ciclo en el cual no se registró ningún recuento. Usualmente, una tasa de recuentos promedio de 0,2 cpm (es decir, un recuento cada cinco minutos) indicaría una concentración de radón de alrededor de Bq/m³, pero sigma sería de $1 + \sqrt{N + 1}$ o 2,4 recuentos, y dos sigma serían 4,8 recuentos. Entonces después de 5 minutos, la incertidumbre será de 0,96 cpm, o +/- 173 Bq/m³.

Los valores de incertidumbre altos son a menudo el producto del hecho de que es imposible medir rápidamente las concentraciones de radón bajas. Puede conseguirse una mayor certidumbre aumentando la duración del ciclo y/o promediando múltiples ciclos. En el modo Rastreo, el 218-Po (el cual tiene una vida media de 3,05 minutos) necesita más de 10 minutos para alcanzar el equilibrio con la concentración de radón en la cámara del RAD7. Observe que en el Protocolo de rastreo, que usa ciclos de 5 minutos, es importante pero no posible comenzar a promediar las lecturas para reducir la incertidumbre solamente después de los primeros dos ciclos.

Es posible medir las concentraciones de radón y torón simultáneamente, pero dado que sus exigencias son suficientemente diferentes, puede

Chapter 3

ser deseable optimizar la medición primero para un gas y después para el otro. Para el radón, se recomienda seleccionar el Protocolo de RASTREO y luego cambiar la duración del ciclo a 10 minutos. Después de iniciar una serie, la primera lectura puede ignorarse, y utilizar solo la segunda y las siguientes lecturas. A medida que se graban más lecturas, será posible obtener concentraciones más precisas.

Ocasionalmente, puede informarse una incertidumbre de la concentración superior al valor de base, por ejemplo, $0,00 \pm 83,1$ Bq/m³. Dichos valores son usuales para los ciclos que no contienen ningún recuento. Esto no debe sugerir que se ha encontrado una concentración negativa. El RAD7 no distingue entre incertidumbres positivas y negativas, y se espera que el usuario reconozca que la incertidumbre negativa nunca puede ser superior al valor de base de la lectura.

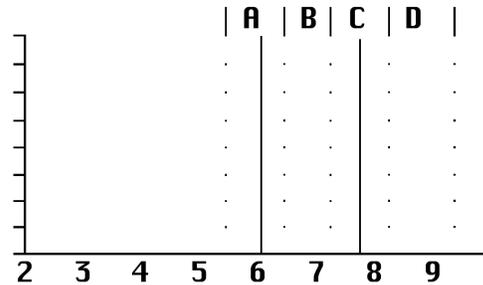
3.13 Ejemplos del espectro

3.13.1 Espectros operativos del radón

A. Radón idealizado en equilibrio

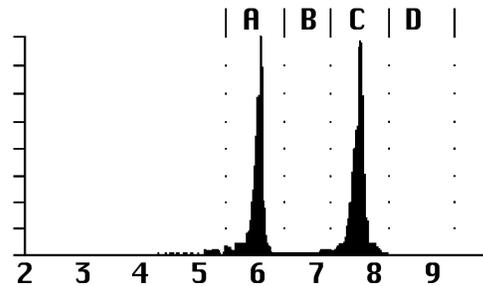
Esto es lo que usted verá si el detector y los componentes electrónicos alcanzan la perfección teórica. En equilibrio pleno, ambos picos tienen la misma altura.

A	6.00 MeV	Po218
C	7.69 MeV	Po214



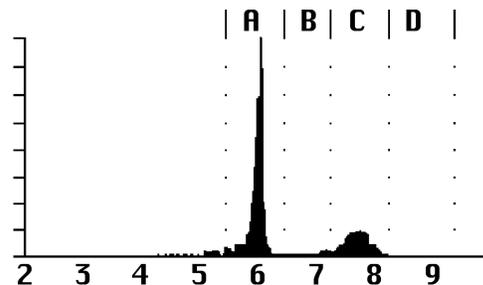
B. Radón en equilibrio pleno

Luego de más de tres horas con un nivel de radón constante. La tasa de recuento de la Ventana C es casi la misma que la tasa de recuento de la Ventana A.



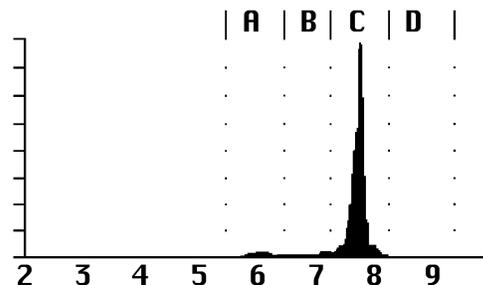
C. Radón nuevo

El espectro del RAD7 después de menos de una hora de exposición al radón. El pico de la Ventana C está justo comenzando a crecer, pero su tasa de recuento todavía es muy inferior a la tasa de recuento de la Ventana A.

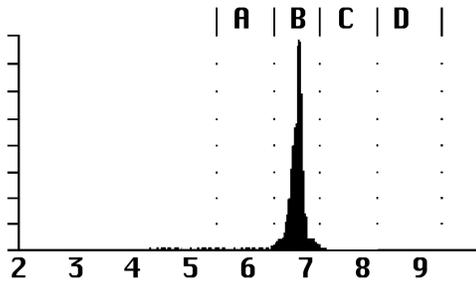


D. Radón viejo

El espectro del RAD7 después de purgar el instrumento con aire limpio de radón, durante más de 10 minutos, después de una exposición al radón.



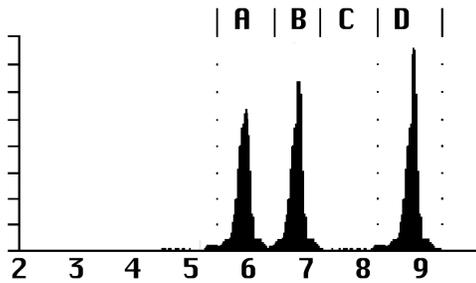
3.13.2 Espectros del torón



A. Torón nuevo

El espectro del RAD7 mientras toma continuamente muestras de aire cargadas de torón

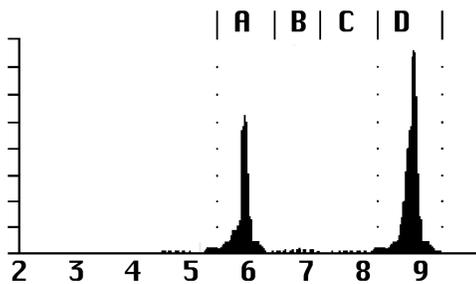
B 6.78 MeV Po216



B. Torón en equilibrio

El espectro después de tomar continuamente muestras de aire cargada de torón, durante más de 12 horas. La tasa de recuento de la Ventana A debe ser aproximadamente la mitad de la tasa de recuento de la Ventana D.

A	6.05 MeV	Bi212
B	6.78 MeV	Po216
D	8.78 MeV	Po212



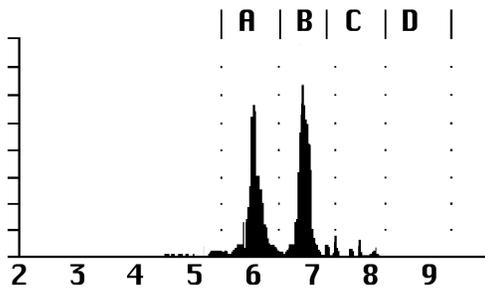
C. Torón viejo

El espectro después de descontar un extenso muestreo de aire cargado de torón. El pico de torón, B, desaparece inmediatamente. Los dos picos restantes se desintegran juntos, con una vida media de 10,6 horas. La tasa de recuento de la Ventana A deberá ser aproximadamente la mitad de la tasa de recuento de la Ventana D.

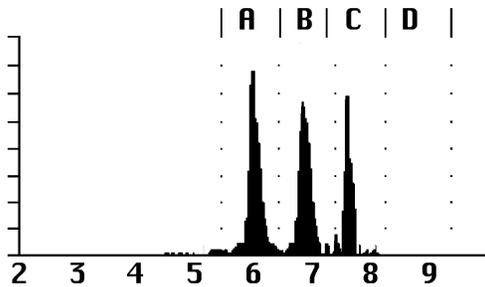
3.13.3 Espectros combinados

Los espectros del radón y el torón pueden sumarse para formar espectros combinados. Los picos de la Ventana B y/o D provienen del torón. Un pico de la Ventana C proviene del radón. El pico de la Ventana A proviene en general por completo del radón, pero si hay un pico en la Ventana D, entonces habrá una contribución de casi la mitad de la tasa de recuento D, al pico de la Ventana A.

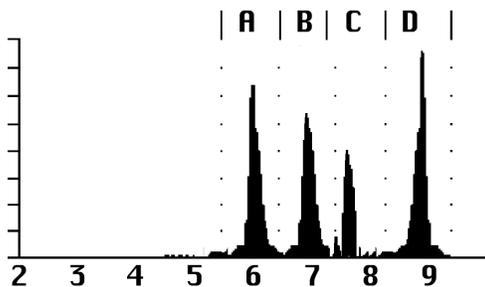
El RAD7 toma en cuenta esta cuestión y siempre ajusta la tasa de recuento de la Ventana A para corregir el recuento del Bi212, antes de calcular la concentración de radón. Los espectros que aparecen abajo tienen cantidades comparables de radón y torón, pero usted usualmente verá que uno de los dos es más nítido que el otro.



A. Radón nuevo con torón nuevo.



B. Radón en equilibrio con torón nuevo

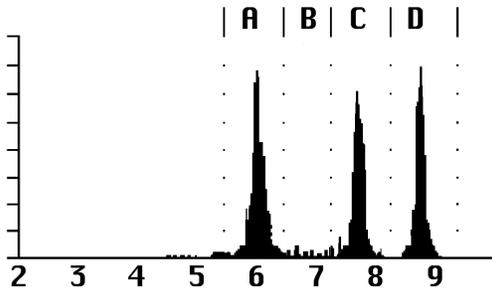


C. Radón en equilibrio con torón en equilibrio.

La tasa de recuento de la Ventana A es a grosso modo la tasa de la Ventana C más la mitad de la tasa de la Ventana D.

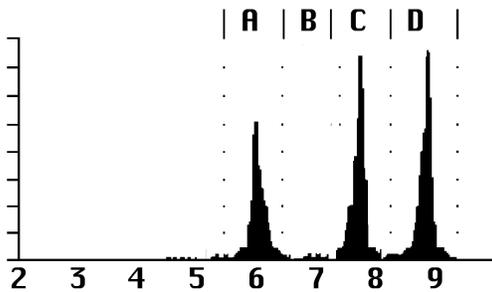
A	6.00 MeV	Po218
	+6.05 MeV	Bi212
B	6.78 MeV	Po216
C	7.69 MeV	Po214
D	8.78 MeV	Po212

Chapter 3



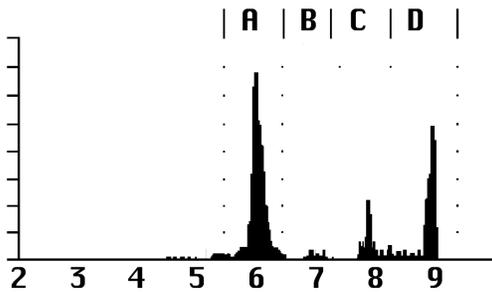
D. Radón en equilibrio con torón viejo

La tasa de recuento de la Ventana A es a grosso modo la tasa de la Ventana C más la mitad de la tasa de la Ventana D.



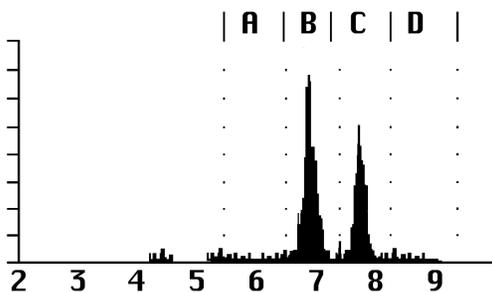
E. Radón viejo con torón viejo.

La tasa de recuento de la Ventana A no supera a aproximadamente la mitad de la tasa de recuento de la Ventana D.



F. Radón nuevo con torón viejo.

Parece un espectro de torón viejo, pero la tasa de recuento de la Ventana A es significativamente superior a la mitad de la tasa de recuento de la Ventana D.

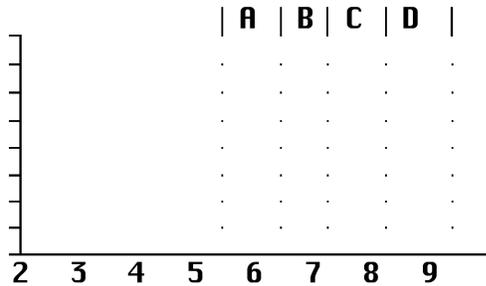


G. Torón nuevo con radón viejo.

3.13.4 Espectros patológicos

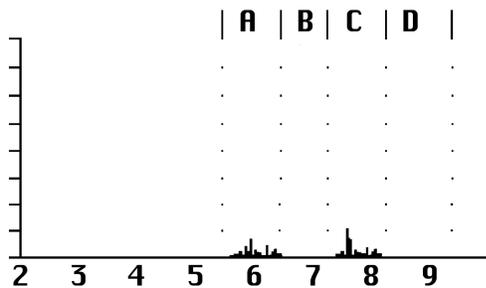
Si cualquiera de las siguientes cosas sucede, y no se identifica una causa externa, el usuario debe

ponerse en contacto con DURRIDGE inmediatamente. Enviar un correo electrónico a service@durrige.com será una buena manera de iniciar el contacto.



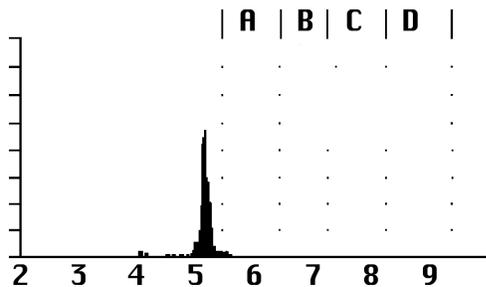
A. No hay recuentos.

Intente con un período de recuento más extenso. Si no hay ni un solo recuento en una hora, es una indicación clara de que el instrumento funciona mal.



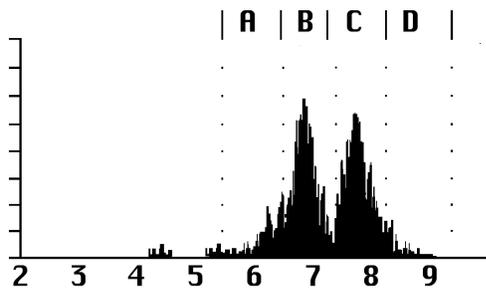
B. Pocos recuentos.

Esto es normal para los niveles bajos de radón y períodos de recuento cortos. Los recuentos anormalmente bajos pueden estar causados por una interrupción del flujo de aire, o por un mal funcionamiento del circuito de alta tensión.



C. Plomo-210/polonio-210.

Se desarrollará un pico persistente de 5,3 MeV después de muchos años de uso regular, o después de una exposición sostenida a niveles muy altos de radón. Proviene de la acumulación de plomo-210 en la superficie del detector. El plomo-210 tiene una vida media de 22 años. No es un problema para el RAD7 porque el pico está fuera de la Ventana A, y por lo tanto no contribuye a crear la radiación de fondo.

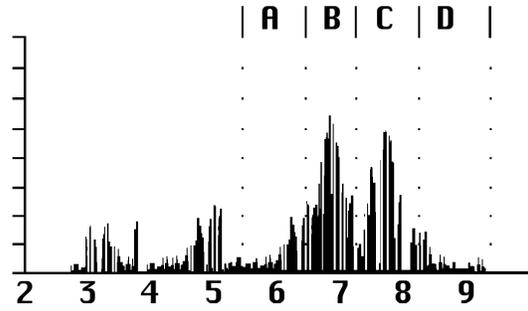


D. Picos alfa anchos.

Usualmente están causados por el ruido electrónico del sistema. Puede estar asociado con una vibración, con una temperatura de operación alta, o con un deterioro de los detectores de la barrera superficial. Estos detectores se utilizaban en los viejos modelos del RAD7, que se construían antes de 1996

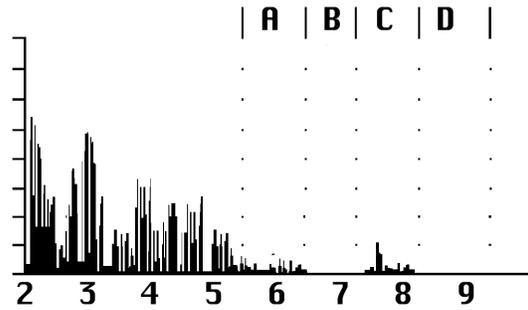
E. Espectro manchado.

Los picos alfa no pueden discernirse con la vista. Ruido electrónico grave.



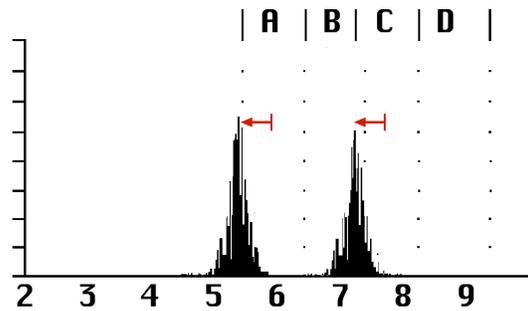
F. Ruido energético bajo.

Independiente del radón o del torón, dicho ruido electrónico puede ser intermitente o puede estar asociado con la vibración.



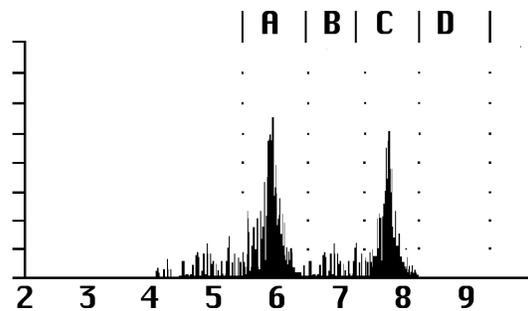
G. Picos desplazados.

Los picos parecen normales, pero su posición se ha desplazado. Muestra un mal funcionamiento del RAD7, el cual debe enviarse sin demora a DURRIDGE para su reparación.



H. Colas pesadas con picos alfa.

Los picos son angostos, pero tienen colas de un espesor inusual. Esto puede estar causado por ruido electrónico, o por funcionamiento erróneo del detector alfa.



4. USO DEL RAD7: MEDICIÓN DEL RADÓN Y EL TORÓN DEL AIRE

4.1 *Introducción*

Las diferentes modalidades de utilización del RAD7 pueden dividirse en seis categorías:

- (a) monitoreo continuo del radón que se encuentra en el aire
- (b) rastreo buscando radón y/o torón
- (c) evaluación de las muestras de captura de aire
- (d) medición de radón en el agua
- (e) evaluación del gas del suelo
- (f) medición de las emisiones de torón y radón proveniente de los objetos y las superficies.

Aunque abajo se discuten las seis categorías, fundamentalmente las categorías (a) y (d) requieren procedimientos de operación estándares. Las otras aplicaciones tienden a ser más interactivas, y las personas desarrollarán los protocolos que funcionen mejor para ellas. Este capítulo se concentra en el uso del RAD7 para medir el radón y el torón del aire, sin la utilización de accesorios de hardware especiales. El Capítulo 5 presenta las aplicaciones que involucran el RAD AQUA, el RAD H2O, y otros accesorios DURRIDGE.

4.2 *Monitoreo continuo*

4.2.1 *Preparación*

Las baterías del RAD7 deben estar cargadas plenamente, de manera tal que inclusive si hay un corte de luz, se completará la prueba. Similarmente, debe haber más desecante activo del suficiente, en la Unidad de secado en laboratorio.

Para realizar una prueba que cumpla con el protocolo EPA, la casa debe estar cerrada completamente 12 horas antes del inicio de la prueba. Esto significa que TODAS las puertas y ventanas deben estar cerradas por completo. No puede estar funcionando ningún sistema de intercambio de aire ni los ventiladores.

En invierno, no es difícil satisfacer esta exigencia. Se permite el funcionamiento continuo del horno. Usualmente se mantiene la casa cerrada de todos modos, para ahorrar los costos de calefacción. Las puertas deben abrirse momentáneamente, para ingresar, pero después de eso deben permanecer cerradas durante la prueba.

Durante el verano puede resultar imposible satisfacer esta exigencia, y que los residentes no salgan durante la prueba. Si se dejan las puertas y las ventanas abiertas, se puede invalidar la prueba, salvo que haya un problema con el radón bajo estas condiciones. En ese caso, habrá un mayor problema con la casa cerrada.

El aire acondicionado a menudo incluye un poco de ventilación con aire fresco, lo que diluye el radón. Incluso si no hay ventilación, el aire frío que se encuentra en la casa deseará hundirse, aumentando la presión en el sótano, reduciendo de esta manera el ingreso de cualquier flujo de gas del suelo al interior de la casa. Por lo tanto, durante el verano el aire acondicionado tenderá a disminuir el nivel de radón dentro de la casa.

Para obtener información más detallada, consulte "Protocolos para Dispositivos de Medición de los Productos de Desintegración del Radón y el Radón en los Ambientes Interiores", EPA 402-R-92-004, o véalos en <http://www.epa.gov/radon/pubs/devprot1.html>

4.2.2 *Purga*

Para configurar el RAD7 para que esté totalmente listo para funcionar, dispuesto para iniciar una prueba, deberá purgarse de antemano durante al menos cinco minutos. Esto puede realizarse en el automóvil, o en el camino hacia el lugar donde se realizará la prueba.

Ubique un filtro de ingreso, un trozo de tubería con un manguito en un extremo y un tubo pequeño en el otro extremo, y la Unidad de secado en laboratorio. Conecte el filtro con la tubería: debe existir un ajuste estrecho dentro de la sección de diámetro pequeño. Retire las tapas de plástico de la Unidad de secado y empuje el extremo de la tubería que tiene el manguito sobre

el conector del tubo, que se encuentra en la Unidad de secado, en la posición más alejada de la tapa metálica de rosca. Ahora, adose el filtro a la entrada del RAD7.

Encienda el RAD7, pulse [MENU], [ENTER], [→] cuatro veces. En la pantalla, verá >Test Purge, luego pulse [ENTER]. La bomba comenzará a funcionar. En la pantalla aparecerá Stop purge? No. Deje que la unidad se purgue durante cinco minutos, o más tiempo. Cuando usted esté listo para iniciar la prueba, la forma más fácil para detener la purga es pulsar la tecla menu, o apagar el instrumento.

4.2.3 Ubicación de la prueba

En general, la prueba debe realizarse en "el área más baja de la casa que es utilizada o puede adaptarse para ser un área habitable". Esto incluye un sótano con altura completa, pero no un espacio angosto que solo permite el acceso de una persona.

Ubique el RAD7 cerca del centro de la habitación, 3 ó 4 pies arriba del piso. Evite las paredes, las aberturas, las chimeneas, las ventanas, las corrientes de aire, y la luz directa del sol.

Cuando resulte posible, conecte la corriente continua con el RAD7, para conservar y recargar las baterías.

La toma de aire será el conector de la unidad de secado, sin ninguna tubería conectada (lo más cerca posible del extremo con la tapa metálica de rosca), o el extremo del tubo si se ha adosado alguno a este conector. Asegúrese de que la toma de aire está al menos 30 pulgadas (75 cm) por arriba del piso, y lejos de las paredes.

Una vez instalado en su ubicación, permita que el RAD7 continúe purgando, hasta que esté listo para iniciar la prueba.

4.2.4 Protocolo de la prueba

En cualquier sitio, a menudo hay una variación diurna del nivel de radón. Por lo tanto, es preferible que el período de prueba sea un número exacto de días completos. Los protocolos de la EPA requieren un promedio, obtenido durante al menos dos días. El RAD7 también brinda

información de la resolución temporal. Consecuentemente, debe elegirse una duración del ciclo y la cantidad de ciclos (reciclado). Para las pruebas de 24 horas y 48 horas, el RAD7 ha establecido previamente protocolos, que harán la elección por usted. Siempre puede cambiar las opciones (¡inclusive en el medio de la prueba!) si así lo desea, guardar sus preferencias, en el Protocolo del usuario. Por ejemplo, usted puede preferir llevar a cabo pruebas de 3 días y tal vez usar 24 ciclos, cada uno de 3 días de extensión. Cuanto más dure la prueba, mayor será la precisión de los resultados.

Para realizar una prueba de 24 ó 48 horas, utilizando el protocolo establecido previamente, antes de comenzar la prueba, diríjase a >Configurar protocolo [→] 1 día, o 2 días, y pulse [ENTER]. También, usted debe decidir si quiere dejar el tono en Apagado, Carillón o Geiger, y si quiere usar un formato de impresión corto, medio o largo, al final de cada ciclo, y establecer los parámetros en consecuencia.

Para todo monitoreo a largo plazo, utilice el Protocolo semanal. Esto configura al RAD7 para que se ejecute indefinidamente, con ciclos de 2 horas. La capacidad de memoria interna, de 1.000 ciclos, durará casi 12 semanas. Si los datos se descargan periódicamente en un ordenador y se borran del RAD7, no hay límite para la duración de la medición. Cuando la Unidad de secado en laboratorio se usa para secar el aire analizado, el desecante deberá reemplazarse cada 7 ó 14 días, dependiendo de la humedad. Para operar indefinidamente, el RAD7 necesita energía externa. Pero el RAD7 puede sobrevivir, sin perder datos, a una interrupción de la energía hasta 50 o más horas, dependiendo del estado de las baterías.

Para cualquier otro plazo de medición, usted mismo deberá configurar los parámetros. La duración del ciclo multiplicado por la cantidad de reciclados brinda la duración de la medición total. En casi todos los casos, para el monitoreo continuo, elija [Modo auto], [Torón apagado], y [Bomba auto].

Una vez que el RAD7 cambia (luego de tres horas) a modo NORMAL, se incluyen los recuentos de la Ventana C, que provienen de los átomos Po-214. Estos átomos fueron átomos de radón que ingresaron a la cámara de medición,

hace una hora o más. Por lo tanto, en modo NORMAL, el RAD7 está promediando la concentración de radón de hace menos de 20 minutos (Po-218), con la concentración de radón de hace menos de tres horas (Po-214). Consecuentemente, para una prueba extensa en modo NORMAL, la duración del ciclo debe establecerse en una hora o más.

Cuando usted necesite una respuesta rápida y una resolución temporal detallada, puede establecer la duración del ciclo en tan solo media hora, o incluso 20 minutos, pero el Modo debe establecerse en RASTREO, no en Modo AUTOMÁTICO. Nótese, sin embargo, que si se contabiliza solamente la Ventana A, y por períodos tan cortos, el número de recuentos por ciclo será menor que para ciclos más largos, en el modo NORMAL. De esta manera, las lecturas individuales tendrán más dispersión. También tenga en cuenta que duraciones cortas del ciclo llenarán la memoria más rápidamente (la capacidad es de 1.000 ciclos), gastarán el desecante más velozmente, y, si se utiliza la impresora, generarán más impresiones.

4.2.5 Imprimir o no imprimir

No es necesario ejecutar la impresora durante una medición, porque todos los datos (salvo los espectros detallados) se almacenan al final de cada ciclo, y están disponibles para ser impresos o descargados en un ordenador en cualquier momento. Además, sin una impresora y con el teclado numérico bloqueado, es imposible para cualquier husmeador no autorizado leer la concentración de radón durante la serie. Por otro lado, la impresora proporciona una copia práctica e informativa de los resultados.

Para realizar un monitoreo continuo de rutina, es usual configurar la impresora en formato corto (Configurar, Formato, Corto, [ENTER]).

Coloque la impresora en la placa frontal y enciéndala. Apague el RAD7. Luego enciéndalo nuevamente. Se imprimirá información sobre el RAD7 y la configuración. Al final de cada ciclo, se imprimirán datos. Al final de cada serie, se imprimirá un resumen, un gráfico de barras y un espectro acumulativo.

4.2.6 Ejecutar la prueba

Una vez que todo esté listo, inicie la prueba (Prueba, Iniciar, [ENTER]). La bomba comenzará a ejecutarse y la pantalla de LCD mostrará la primera ventana de estatus.

La casa debe permanecer cerrada durante el transcurso de la serie. En cualquier momento, pueden verse las ventanas de estatus. La humedad relativa, la temperatura y el voltaje de las baterías son todos parámetros que vale la pena observar. Una humedad relativa que aumenta puede indicar que el desecante se ha terminado, o que hay una fuga en la trayectoria de la muestra. La lectura de la temperatura brinda una base para una futura referencia, ver abajo. Cuando el voltaje de las baterías desciende, puede indicar que la energía no está conectada.

4.2.7 Control de calidad y seguridad

Para realizar una buena medición, es esencial que el RAD7 (o cualquier dispositivo de medición, para dicha cuestión) permanezca en su lugar, y que la casa se mantenga cerrada, durante toda la serie.

Hay cintas anti-adulteración, que pueden colocarse en las ventanas y en las puertas. Si uno coloca bajo el RAD7 un adhesivo plástico blando (tal como Blue-Tack, HOLDIT o Tac'N Stik) se adherirá mejor la primera vez que en las subsiguientes colocaciones. Una mano experimentada podrá decir si el RAD7 ha sido trasladado. Pero tal vez la mejor defensa contra la adulteración sean los datos en sí mismos. Con la resolución temporal que aparece en los datos provistos por el RAD7, se revelan claramente las anomalías. Un cambio repentino en la concentración del radón y en la temperatura del aire, durante la medición, es una certera indicación de adulteración (causada por el traslado del instrumento o por la apertura de las puertas). El bloqueo del teclado impide que los manipuladores miren los datos o interfieran con la medición.

Todo usuario que busque una certificación deberá establecer un protocolo de control de la calidad sistemático y detallado. Este protocolo deberá incluir una descripción del proceso de medición y

los pasos dados para garantizar que las lecturas puedan reproducirse.

El RAD7 es demasiado exacto para que cualquier procedimiento en el terreno sea capaz de verificar que está funcionando de acuerdo con las especificaciones. Sin embargo, es una buena práctica, comparar las lecturas del RAD7 de forma regular con algún otro dispositivo, tal como un recolector pasivo de carbón de leña. Los dos dispositivos deben ubicarse muy estrechamente juntos. El punto de muestreo del RAD7 debe estar cerca, pero no tocando, el recolector de carbón de leña. Las mediciones también deben cubrir el mismo período de tiempo. La lectura del carbón de leña puede luego compararse con el promedio del RAD7 durante ese período. Recuerde, sin embargo, que algunos dispositivos para carbón de leña y algunos laboratorios pueden brindar lecturas que tengan un error de tanto como 25%. Si el RAD7 y el dispositivo del carbón de leña difieren en más del 10%, repita la comparación tan pronto como sea posible, preferentemente con un otro dispositivo para carbón a leña, de un laboratorio diferente. Mire el espectro acumulativo del RAD7, que se imprime al final de la serie, para ver si parece normal. Si el promedio del RAD7 es consistente, significativamente diferente de las lecturas de los otros dispositivos en pruebas de comparaciones simultáneas, o si el espectro parece anormal, por favor, llame o envíe un correo electrónico a DURRIDGE, para solicitar asesoramiento. En cualquier caso, recomendamos remitir anualmente el RAD7 a DURRIDGE Company, para su recalibración.

Para el RAD7, una excelente prueba de calidad es simplemente un examen del espectro acumulativo, impreso al final de cada serie. Si el espectro parece normal y la humedad, temperatura y el voltaje de las baterías se encuentran dentro del rango normal, es una muy fuerte evidencia de que el RAD7 está funcionando adecuadamente y de que las lecturas son confiables.

4.2.8 Finalizar la serie

Inclusive si no se ha hecho una impresión al final de cada ciclo, será útil realizar una impresión al final de la serie. Si usted puede acceder al RAD7 antes de que la serie finalice, simplemente coloque la impresora en posición en la placa frontal y enciéndala. Después de que el último

ciclo se haya completado, el RAD7 imprimirá el resumen de la serie, incluyendo el valor promedio, el gráfico de barras de todas las lecturas, y el espectro acumulativo. Si no puede accederse al instrumento antes del final de la serie, el resumen puede imprimirse más tarde, pero sin el espectro acumulativo.

Encienda la impresora y el RAD7. Desconecte la tubería del desecante y reemplace las tapas de plástico, que se encuentran sobre los conectores de la manguera. Si se han perdido las tapas, puede adosarse un único trozo de tubería entre los dos conectores. De esta manera se brindará un sello para mantener el desecante seco.

Quite del RAD7 el filtro de la entrada. Es una buena práctica dejar el filtro de la entrada adosado a la tubería plástica. Reemplace el tramo corto de tubería que conecta la entrada con la salida. Poner un puente entre la entrada y la salida mantiene sellado el espacio interno del instrumento y por lo tanto seco, mientras permite un flujo de aire, si la bomba comenzara a funcionar.

Cuando traslade el RAD7, por favor, trátelo con respeto. Es robusto, pero sin embargo es un instrumento electrónico. Por favor, evite los golpes fuertes y los ambientes muy severos.

4.2.9 Examinar los datos

Además de imprimirlos, los datos pueden examinarse en la pantalla de LCD, durante o después de la serie. Los registros también pueden descargarse en un ordenador, donde estarán por lo tanto disponibles para crear gráficos y tablas para informes impresos.

Cuando esté recuperando un conjunto de datos, primero verifique que la humedad relativa del instrumento haya permanecido por debajo del 10%, durante toda la medición. Si la humedad relativa subió por arriba del 10%, sugiere que el desecante se eliminó o se agotó. El RAD7 brinda lecturas bajas si la humedad relativa interna supera el 10%.

Durante la medición, la temperatura debe permanecer moderadamente estable. Los cambios repentinos de temperatura del registro sugieren que las ventanas estaban abiertas, o que el RAD7 fue movido de su ubicación.

Si la casa no estuvo cerrada adecuadamente hasta que se inició la medición, usted puede esperar ver una concentración creciente de radón, durante las primeras horas de la serie. Si éste es el caso, para calcular el valor promedio de la casa, cualquier lectura muy baja inicial debe descartarse. Esto significa calcular manualmente el promedio, a partir de las buenas lecturas. Los protocolos EPA exigen al menos 48 horas de datos continuos de buena calidad. Si la casa no fue cerrada de antemano, una prueba de 3 días puede satisfacer las exigencias de la EPA.

Si usted cambió el punto de muestreo de aire durante un rato, o abrió algunas ventanas durante la serie, puede esperar durante ese período ver un cambio de la temperatura del aire y un cambio en la concentración de radón. Los cambios simultáneos de estos dos parámetros son un indicador de adulteración.

4.2.10 Monitoreo a muy corto plazo

Algunos Inspectores Domiciliarios eligen usar el RAD7 para una prueba de corta duración, justo durante la inspección domiciliaria. Esto significa que tienen un control pleno de la prueba y que pueden llevarse el RAD7 cuando se vayan, después de completar la inspección domiciliaria.

Cierran la casa, instalan el RAD7 en el sótano, eligen una duración del ciclo de media hora y una extensión total de la serie (reciclados) usualmente de cuatro o cinco ciclos. Al final de la serie, el RAD7 imprime un gráfico de barras de la concentración creciente de radón, con intervalos de media hora. Los datos le brindan al Inspector Domiciliario y a su cliente una buena indicación de la situación del radón. Agregar un 50% a la lectura final de media hora brinda una estimación de cuál será el nivel promedio de radón, con la casa cerrada. Si durante las dos horas de la prueba, la concentración de radón alcanza o supera la marca de 4 pCi/L, ellos pueden estar confiados que con una prueba completa, que cumpla el protocolo EPA, cubriendo 2 días o más, el resultado seguramente excedería el nivel de acción de 4 pCi/L.

4.3 Rastreo

4.3.1 ¿Por qué hacer un rastreo?

Hay dos razones principales para hacer un rastreo. Una razón es obtener una lectura de algunos puntos al azar de la concentración de radón, como una sustitución simple del muestreo de una captura, y la otra es ubicar los puntos de entrada del radón. Para cada aplicación, el método será ligeramente diferente.

4.3.2 Localización de los puntos de entrada del radón

Hay una gran probabilidad de que el torón esté presente en el gas del suelo, que ingresa al edificio. Sin embargo, el torón será detectable solo cerca de los puntos de entrada. Por lo tanto, si el torón está en el gas del suelo puede considerarse un rastreador de gas radón nuevo. Por lo tanto, un rastreo para ubicar los puntos de entrada del radón puede concentrarse en detectar el torón, si está allí, para agilizar y simplificar el proceso. El mismo procedimiento también brindará las concentraciones de radón, siempre y cuando el punto de muestreo se mantenga en un lugar, al menos durante 15 minutos.

4.3.3 Preparación

En el Capítulo 1.5, se brindan instrucciones detalladas. Elija Torón en el menú Protocolo de configuración. Coloque el Tono en Geiger. Utilice un tubo pequeño de secado, preferentemente, una tubería de tan solo una yarda hacia el filtro de entrada.

4.3.4 Purga

Aunque siempre es una buena práctica purgar el instrumento antes de usarlo, hay menos necesidad de purgarlo antes de realizar un rastreo. Con el Protocolo de RASTREO, la bomba funciona continuamente. De esta manera, se limpiará la muestra de aire cada minuto o dos y la cámara de medición se secará rápidamente, incluso si la humedad relativa mínima es superior al 10%.

Para disminuir la humedad del instrumento (sin desperdiciar el desecante), la salida del RAD7 puede conectarse con el extremo abierto del tubo

de secado, creando un circuito cerrado, durante el ciclo de purga.

Después de detectar altas concentraciones de radón y/o torón, es una buena práctica purgar el instrumento inmediatamente después de terminar de usarlo.

4.3.5 Ejecutar la prueba

Colóquese la correa del RAD7 sobre su hombro. Sostenga el tubo pequeño de secado como si fuera una varilla. Inicie la prueba. En la pantalla de LCD, aparecerá la primera ventana de estatus. Pulse la flecha derecha cinco veces, para alcanzar la pantalla de la Ventana B de estatus. Esto mostrará los recuentos por minuto del torón. Usted también puede escuchar los silbidos, que tienen un tono diferente en las diferentes ventanas. El torón tiene un silbido de tono alto.

Los puntos de entrada del radón habitualmente se ubican en las juntas de los desniveles, las juntas piso/pared y las juntas pared/pared. También son puntos de entrada de radón los sumideros, los pozos, los paquetes de vigas y los conductos de los servicios públicos, que ingresan al edificio desde abajo de la planta baja. Antes de iniciar el barrido, es útil tener un croquis del área, con los probables culpables marcados, y en el cual se puedan anotar las lecturas. Mientras se hace este croquis, el RAD7 puede estar obteniendo una medición de referencia del radón, en el centro de la habitación. Realice al menos cuatro lecturas de ciclos de cinco minutos. Las lecturas de radón posteriores en los probables puntos de entrada pueden luego utilizarse con esta medición de referencia.

Para iniciar el barrido, sostenga el tubo pequeño de secado como una varilla, con el extremo abierto adentro o lo más cerca posible del más probable punto de entrada del radón. Manténgalo allí durante al menos cinco minutos. Si durante este período el recuento de torón de la ventana B supera los 2 cpm, por ejemplo, entonces usted sabe que a) usted tenía razón en sus sospechas, y de verdad está cerca de un punto de entrada del radón, y b) hay torón presente en el gas del suelo. Por lo tanto, puede concentrarse en el torón durante el resto del sondeo. Mueva la varilla un pie o algo semejante, en cualquier dirección para ver si los recuentos por minuto de la Ventana B cambian apreciablemente, en el próximo ciclo.

Si en la Ventana B hay pocos recuentos o no hay recuentos, una de dos: la ubicación no es un punto de entrada del radón o no hay torón apreciable en el gas del suelo. Por lo tanto, usted debe mantener la varilla en esa posición por otros 10 minutos, o hasta que los recuentos de la Ventana A comiencen a elevarse rápidamente. Si después de quince minutos, en la Ventana A, todavía solamente hay algunos recuentos y la concentración de radón que se muestra al final del tercer ciclo de 5 minutos todavía es muy baja, usted puede estar seguro de que el lugar no es un punto de entrada de radón. Por el otro lado, una concentración alta de radón sin torón no significa necesariamente un punto de entrada de radón, si todo el sótano está alto. En cualquiera de los dos casos, usted debe anotar la lectura en su croquis, y trasladarse a otro probable punto para repetir el proceso, buscando primero torón.

Si no se encuentra torón en ningún momento, entonces el mapa de las concentraciones de radón ayudará a identificar los puntos de entrada. Una vez que se ha detectado el torón, toda la búsqueda se hace más fácil. Vuelva a establecer el período del ciclo en dos minutos. Ejecute un ciclo completo en cada presunto punto de entrada de radón, observando los recuentos de la Ventana B, o escuchando los característicos silbidos del torón. Usted determinará rápidamente la ubicación y las fortalezas relativas de los puntos de entrada de radón, observando los recuentos por minuto de la Ventana B en las diferentes ubicaciones. Note que en este procedimiento, debe ignorar los recuentos de la Ventana A, porque éstos se refieren al radón que ingresó a la cámara de medición 10 minutos antes de los recuentos observados.

Incluso si el torón está presente en algunos puntos, todavía hay una posibilidad de que haya un punto de entrada del radón, que muestra poco o nada de torón. Esto puede suceder si la trayectoria seguida por el gas del suelo fue muy extensa, o el flujo fue lento. Un conducto de un servicio público, o una trayectoria ascendente de un fuste oculto en una pared podrían retrasar la entrada del gas del suelo durante varios minutos. Cada minuto de retraso reduce a la mitad la concentración de torón.

4.3.6 Puntos perforados para muestreo

Algunos mitigadores hacen varios agujeros en la losa de concreto para la prueba, para rastrear rápidamente el gas del suelo que está por debajo, y evaluar la comunicación entre las diferentes áreas de la losa. Luego ellos instalan los puntos de succión del sistema de mitigación, donde las lecturas del radón ubicado abajo de la losa son más altas. Este enfoque es complementario de la búsqueda de puntos de entrada de radón efectivo, tal como se describió anteriormente. Es probable que los dos métodos generen una final y similar configuración del sistema de mitigación, aunque la localización de los puntos de entrada puede también indicar dónde se requiere un sellado adicional.

4.3.7 Lecturas de algunos puntos al azar

Una lectura de algunos puntos al azar puede aceptarse solo como un indicador preliminar del nivel de radón en cualquier lugar. Esto se debe no solo a que una lectura de corta duración es menos precisa, sino también porque no promedia las fluctuaciones del nivel de radón durante un día típico. El protocolo de la EPA exige una medición que cubra al menos dos días. Bastante a menudo, la concentración de radón de los ambientes internos tiende a ser más alta durante las horas tempranas de la mañana después de una noche fría, y más baja al final de un día cálido.

Además, usualmente, a la concentración de radón le toma horas recuperarse de las puertas y ventanas abiertas. Por lo tanto, a menos que la casa esté cerrada a cal y canto durante muchas horas antes de la medición, el nivel de radón en algunos puntos al azar será mucho menor que un promedio de varios días, con la casa cerrada.

Para esta lectura de algunos puntos al azar, el punto de muestreo debe estar alejado de las paredes y del piso. El torón no es un problema en esta medición. Por lo tanto, puede utilizarse la Unidad de secado en laboratorio, en lugar de un tubo de secado pequeño. La duración del ciclo puede dejarse en cinco minutos. Deben obtenerse al menos cuatro ciclos, aunque mejor son seis ciclos, de los cuales deben ignorarse los primeros dos ciclos. Alternativamente, incremente la duración del ciclo a 10 minutos, o más, e ignore la primera lectura.

Para medir un nivel de radón de 4 pCi/L, con una desviación estándar de no más del 10%, se necesita una serie de una hora (digamos, seis ciclos de diez minutos).

4.4 Muestreo de una captura

4.4.1 Aplicabilidad

La habilidad del RAD7 para “capturar” una muestra recogida es útil cuando no es posible llevar el RAD7 al lugar que se quiere evaluar, o cuando el RAD7 está distraído con un monitoreo continuo y no estará disponible hasta más tarde. La funcionalidad Captura también es útil cuando deben recolectarse varias muestras de diferentes habitaciones de un edificio, en un período de tiempo breve.

Sin embargo, si el RAD7 está disponible y puede ser llevado al lugar de la prueba, la calidad de los datos mejora mucho, por: a) hacer un monitoreo del nivel de radón durante un período prolongado de tiempo, tal como un día, o, si eso no es posible, b) hacer una medición de corta duración (tal como se describe en el Capítulo 4.2.10, o en otro lugar), o sino rastreando simplemente algunos puntos al azar, tal como se describió anteriormente.

Las muestras de una captura tienen las mismas imperfecciones que las lecturas de algunos puntos al azar. Es improbable que la concentración de radón “capturada” sea representativa del nivel promedio del protocolo de la EPA, en la localización de la muestra. La precisión de la lectura también está limitada por el corto tiempo que hay para realizar los recuentos.

4.4.2 Preparación

Es importante que el RAD7 esté bien seco, antes de recibir la muestra de la captura. Primero, purgue la unidad con aire fresco y seco durante cinco minutos. Luego, conecte la Unidad de secado en laboratorio con el RAD7, formando un circuito cerrado, de forma tal que el aire proveniente de la salida atravesase el desecante y regrese a la entrada. Observe que el aire siempre debe circular en el mismo sentido a través del desecante. Purgue durante diez minutos. Luego verifique la humedad relativa (pulse [MENU] [ENTER] [ENTER], luego [→] [→]). Si la

humedad relativa no está por debajo del 8%, repita el proceso. Mantenga la bomba funcionando hasta obtener la muestra de una captura.

4.4.3 Protocolo

Haga su selección de Configurar, Protocolo, Captura, y pulse [ENTER]. Esto configurará correctamente todos los parámetros de medición. Para la impresión, elija Configurar, Formato, Corto.

4.4.4 Toma de la muestra

Si el RAD7 está ubicado en su lugar, simplemente inicie la prueba ([MENU] [ENTER] [→] [ENTER]).

Alternativamente, las muestras pueden tomarse en bolsas de muestreo de aire Tedlar. Se requieren muestras de al menos cinco litros. Puede utilizarse cualquier bomba para muestreo. Inclusive el RAD7 puede utilizarse como una bomba para muestreo, pero recuerde primero eliminar el aire viejo que pudiera haber en el instrumento.

Estas muestras empaquetadas pueden conectarse con el RAD7 y pueden analizarse después. Asegúrese que hay un desecante activo y un filtro de entrada instalado entre la bolsa de la muestra y el RAD7.

4.4.5 Análisis

Con la fuente de la muestra capturada conectada con el RAD7, comience la prueba ([MENU] [ENTER] [→] [ENTER]). La bomba funcionará durante cinco minutos, limpiando la cámara de medición y luego se detendrá. El RAD7 esperará cinco minutos más. Luego contabilizará cuatro ciclos de 5 minutos. Al final de la serie, el RAD7 imprimirá un resumen, incluyendo la concentración promedio de radón, un gráfico de barras de los cuatro ciclos contabilizados y un espectro acumulativo. El proceso de medición tarda 30 minutos.

Si el análisis se realiza más de una hora después de que se tomó la muestra, debe aplicarse una corrección para la desintegración del radón de la muestra.

4.5 Medición del torón

4.5.1 Torón y radón

El torón es un isótopo del elemento radón, que tiene una masa atómica de 220, por lo cual también se lo conoce como radón-220. La palabra "radón", sin un número de masa, casi siempre se refiere al radón-222. El torón y el radón tienen propiedades muy similares. Ambos son gases radioactivos químicamente inertes, que existen naturalmente a partir de la desintegración de elementos radioactivos en los suelos y en los minerales. El torón y el radón son miembros de las cadenas de desintegración, o largas secuencias de desintegración radioactiva.

Mientras el radón se genera a partir de la desintegración del uranio natural, el torón se genera a partir de la desintegración del torio natural. El uranio y el torio se encuentran usualmente en los suelos y en los minerales, a veces separadamente, a veces juntos. Los gases radioactivos torón y radón que se producen en estos suelos y en estos minerales pueden difundirse hacia el exterior del material y viajar largas distancias, antes de desintegrarse. El radón y el torón se desintegran y se convierten en productos de desintegración radioactivos o en progenie del polonio, del plomo y del bismuto, antes de alcanzar finalmente formas estables como el plomo.

El torón y el radón y sus respectivas progenies difieren muy significativamente en cuanto a sus vidas medias y en las energías de sus radiaciones. Mientras que el radón tiene una vida media de casi cuatro días, el torón tiene una vida media de solo 55 segundos. Dado que el torón tiene una vida tan corta, no puede viajar tan lejos de su fuente como puede hacerlo el radón, antes de desintegrarse. Comúnmente se señala que en comparación con la fracción de gas radón, una fracción mucho más pequeña de gas torón del suelo rara vez alcanza el interior de un edificio. Sin embargo, el torón puede todavía ser un riesgo, dado que su progenie incluye plomo-212 (el cual tiene una vida media de 10,6 horas), mucho más tiempo de lo necesario para acumularse en niveles significativos, en el aire respirable.

4.5.2 Problemas de la medición del torón

Hay muchas dificultades que impiden la medición exacta del gas torón. La presencia de gas radón (frecuentemente encontrado junto con torón) puede interferir con una medición. La corta vida media del gas torón facilita algunos aspectos de la medición, pero convierte al método de muestreo en un tema crítico. La concentración de torón puede variar enormemente dentro de un espacio, dependiendo de la velocidad y de la dirección del movimiento de aire, así como también de la turbulencia. La posición de la toma de la muestra puede afectar fuertemente los resultados.

En muchos instrumentos, el radón y el torón se interfieren entre sí. Hablando en general, es difícil medir un isótopo con exactitud en la presencia del otro. Pero en comparación con otros instrumentos, el RAD7 es mucho menos susceptible a la interferencia entre el radón y el torón, debido a su capacidad para distinguir los isótopos por las singulares energías de sus partículas alfa. El RAD7 separa las señales del radón y del torón y contabiliza los dos isótopos al mismo tiempo, con baja interferencia mutua.

La medición de radón presenta algunas cuestiones preocupantes que no aparecen en la medición de torón. La vida media corta del torón (55 segundos) y su primer producto de desintegración (Po-216 - 0,15 segundos) significa que las mediciones de torón puedan hacerse rápidamente y en rápida sucesión, ya que genera poca preocupación por los retrasos en el crecimiento y en la desintegración. El RAD7 responde casi instantáneamente ante la presencia de torón. Su constante temporal para la respuesta al torón es inferior a 1 minuto. El principal límite a la velocidad de la respuesta al torón es la capacidad de la bomba para llenar la celda interna. Y el RAD7 se limpia también rápidamente, cuando usted purga el instrumento con aire carente de torón. De hecho, usted no necesita purgar el instrumento en absoluto, dado que la corta vida media del torón garantiza que habrá desaparecido en algunos minutos.

Durante la medición de torón, la bomba para la muestra debe ejecutarse continuamente, con una velocidad del flujo consistente y estable. Si la velocidad del flujo de la bomba de muestreo cambia, el resultado de torón del RAD7 también cambiará. La velocidad del flujo afecta la

cantidad de torón de la celda interna, dado que una fracción significativa del torón se desintegra en el sistema de toma de la muestra, así como también dentro del instrumento. Para obtener mediciones de torón muy exactas, le recomendamos utilizar un sistema consistente de toma de muestras (use siempre el mismo esquema de filtro y manguera) y preste especial atención a la velocidad del flujo. Asegúrese de que los filtros, mangueras, los puertos de salida y entrada del RAD7 no tengan ninguna obstrucción. Utilice un medidor de flujo (tipo "bola flotante" o rotámetro) para verificar que el flujo mantiene su consistencia. Observe que la velocidad del flujo afecta la lectura del torón, pero no el radón, debido a su vida media más larga.

El RAD7 mide la concentración de torón en el aire en el punto de la toma de la muestra. Dado que el torón varía de un lugar al otro, dependiendo del movimiento del aire, el operador del instrumento puede tener necesidad de hacer mediciones en diversas ubicaciones para evaluar adecuadamente la situación del torón. Afortunadamente, las mediciones vertiginosas del torón son muy fáciles de hacer con el RAD7.

4.5.3 Corrección y cálculo de la interferencia

El RAD7 calcula la concentración de torón en base a la tasa de recuento de la Ventana B del espectro, el cual se centra en la línea alfa de 6,78 MeV de Po-216, el primer producto de la desintegración del gas torón. Para evitar la interferencia adicional del radón, el RAD7 aplica una corrección a la tasa de recuento del torón para compensar el pequeño porcentaje de "derrame" de la Ventana C.

Si el derrame de la Ventana C hacia la Ventana B es demasiado grande, en relación con la cantidad de base de la Ventana B, se torna imposible calcular las concentraciones de torón con suficiente certidumbre. Esta situación puede evitarse purgando el RAD7 con aire fresco y esperando con la unidad apagada durante dos horas, antes de evaluar el torón. Esto le brinda suficiente tiempo al pico de la Ventana C para desintegrarse hasta un décimo de su valor original.

A partir del firmware 2.5, el RAD7 calcula la concentración de radón a partir de la tasa de recuento de la Ventana A (modo RASTREO) o las Ventanas A más C (modo NORMAL). El RAD7

compensa las interferencias de la progenie de larga vida del torón (10,6 horas), aplicando una corrección de la tasa de recuento del radón en los modos RASTREO y NORMAL. La corrección se basa en una fracción fija de la tasa de recuento de la Ventana D (alrededor del pico de 8,78 MeV del P-212), que predice el monto de la actividad de la progenie del torón en la Ventana A (debido a los picos de 6,05 y 6,09 MeV del Bi-212). Observe que las cifras de incertidumbre que se dan con cada lectura incluyen el efecto de estas correcciones.

4.5.4 Evitar los productos con desintegración más prolongada

Aunque ahora el RAD7 corrige la acumulación de la progenie del torón (10,6 horas), recomendamos evitar la exposición innecesaria del instrumento a altos niveles de torón por períodos de tiempo largos. La presencia de esta progenie de larga vida puede hacer que las mediciones de radón de bajo nivel sean algo menos exactas, de lo que posiblemente hubieran sido de otra manera. Pero si usted se equivoca, la progenie del torón (de una vida media de 10,6 horas) crea, en el peor de los casos, un inconveniente temporal de algunos días.

4.5.5 Corrección de la desintegración, velocidad del flujo y calibración del torón

Tal como se analizó anteriormente, la desintegración rápida del torón hace que la trayectoria de entrada y la velocidad del flujo se conviertan en importantes factores de calibración. La calibración del RAD7 que se realiza en la fábrica se basa en un filtro de entrada estándar del RAD7, una manguera de vinilo con un diámetro interno de 3/16 pulgadas y 3 pies de extensión estándar, y un tubo de secado pequeño (6 pulgadas) estándar. La desviación con respecto a este esquema puede cambiar los resultados que usted obtenga para el torón. Por ejemplo, si para el muestro del torón utiliza una manguera muy larga, la muestra puede desintegrarse significativamente antes de alcanzar alguna vez la entrada del instrumento. La misma cosa puede suceder si usted sustituyó el tubo pequeño de secado, con la columna grande de secado. Si usted utiliza un filtro de entrada no recomendado, el flujo puede restringirse lo suficiente para reducir enormemente el resultado.

4.5.6 Cálculo de la desintegración de la muestra

La concentración de torón en la entrada del RAD7, C1, puede expresarse matemáticamente como

$$C1 = C0 * \exp(-L * V1 / q)$$

donde C0 es la concentración de la muestra original, V1 es el volumen del tubo de la muestra + el tubo de secado + el filtro (alrededor de 50 mL), q es la velocidad del flujo (alrededor de 650 mL/min), y L es la constante de desintegración del torón (.756 /min). Por lo tanto, el valor típico de C1/C0 es

$$C1/C0 = \exp(-.756 * 50 / 650) = .943 = 94.3\%$$

Éste es el número que DURRIDGE presume en la calibración de la fábrica. Agregar algunos pies extra de manguera no importará mucho (alrededor de 0,5% por pie). Pero si en su lugar utiliza una manguera de 100 pies (V1 tiene aproximadamente 580 mL), el mismo cálculo brindará .509 ó 50,9%, ¡una reducción significativa con respecto al 94,3%!

4.5.7 Calcular la concentración de la celda interna

La muestra se desintegra un poco al trasladarse desde la entrada del RAD7 hasta la celda interna, debido a los volúmenes del filtro y la manguera interna. Esta desintegración puede calcularse de una forma similar a la descrita anteriormente, brindando la concentración de la entrada de la celda interna, C2, aproximadamente el 95,5% de C1. Dentro de la celda interna del RAD7, la concentración de equilibrio del torón, C3, se determinará por la siguiente fórmula:

$$C3 = C2 / (1 + L * V2 / q)$$

donde L y q son lo mismo que en la descripción anterior, y V2 es el volumen de la celda interna (alrededor de 750 mL). Entonces, los valores típicos brindan C3/C2 como

$$C3/C2 = 1/(1+.756 * 750/650) = .534 = 53.4\%$$

Al multiplicar este resultado por los factores de desintegración de la muestra (calculados anteriormente), obtenemos la concentración

global de la celda interna, del 48,1% de la muestra original. Si reconocemos la incertidumbre de diversas de las entradas de estas fórmulas, particularmente la velocidad del flujo, redondearemos el resultado total al 50%.

4.5.8 Calibración de la sensibilidad al torón de la celda interna

Investigaciones preliminares han mostrado que la sensibilidad al torón de la celda interna del RAD7 (en cpm/(pCi/L) es idéntica a su sensibilidad al radón en modo RASTREO, en un rango del 25%. No tenemos ninguna razón para esperar ninguna diferencia cuantiosa entre los valores de sensibilidad en modo RASTREO al radón y al torón, por lo tanto actualmente estamos presumiendo que los dos valores son en verdad casi iguales, y reclaman una precisión del torón no calibrada del +/-30%.

Con una calibración, en comparación con un estándar de torón evaluado mediante espectrometría gamma, somos capaces de establecer la sensibilidad al torón, con una certidumbre mucho mayor. Esta calibración del torón es una opción y para esto nosotros manifestamos una exactitud global del +/-20%. Caso contrario, estimamos que la sensibilidad global al torón es el 50% de la sensibilidad en modo RASTREO al radón, para ser responsable de la desintegración de la muestra, en la celda interna y en la toma. El RAD7 tiene una sensibilidad en modo RASTREO típica al radón de .25 cpm/(pCi/L), por lo tanto estimamos que la sensibilidad típica al torón es de alrededor de .125 cpm/(pCi/L).

4.5.9 Configurar una medición de torón

El Rastreo del torón se parece mucho al Rastreo del radón, salvo que tiende a ser un poco más rápido. Si usted está tan solo "explorando", probablemente no estará muy interesado en obtener los resultados más exactos posibles. Por lo tanto, la técnica no es un punto crucial. Pero si usted está intentando realizar una medición exacta, la técnica tiene mucha importancia.

Para realizar una medición exacta del torón, utilice siempre el mismo esquema de toma de la muestra. Asegúrese de que la tubería para la muestra sea corta: la longitud total no debe superar los 6 pies (2 metros). Utilice uno de los

tubos pequeños de secado que se suministran con el instrumento, llenado con desecante nuevo (azul). Siempre utilice un filtro de entrada, que carezca de obstrucciones o restricciones al flujo. Evite obstruir la toma del tubo de muestra. La configuración recomendada se ilustra más abajo. Para obtener resultados muy exactos, verifique la velocidad del flujo con un medidor de flujo, para asegurarse de que hay consistencia entre las mediciones. Utilice el comando Configurar protocolo del RAD7 para elegir el Protocolo del torón, para un ciclo que se repite cada 5 minutos. Asegúrese de que el instrumento ha sido "secado", antes de realizar una medición. Coloque la toma del tubo de la muestra. Inicie la prueba.

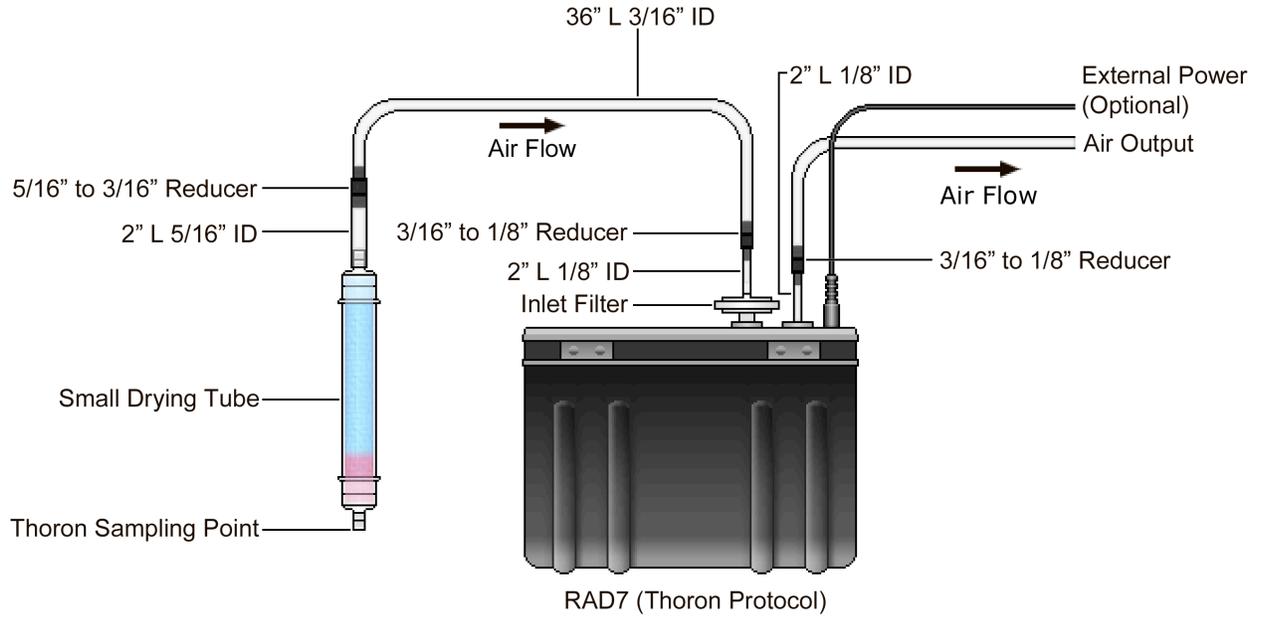
4.5.10 Modo torón

El modo torón hace que el RAD7 imprima las concentraciones de radón y torón (en pCi/L o Bq/m³), con un registro continuo de datos o la impresión subsiguiente de datos. El modo torón también cambia la configuración de la bomba automática a operación de la bomba continua para garantizar una muestra nueva.

El parámetro de configuración "Configurar el torón" le permite a usted seleccionar el modo Torón encendido/apagado, para configurar una prueba particular para que realice lecturas de torón.

El protocolo "Protocolo: torón" brinda una prueba estándar para detectar rápidamente el radón y el torón en ciclos de 5 minutos.

Recommended RAD7 Thoron Configuration



4.6 Manejo de la radiación de fondo

Cuando se mide el radón, la radiación de fondo es una preocupación importante. El RAD7 tiene una cantidad de atributos que lo ayudan a mantener la radiación de fondo de corta y larga duración bajo control. Estas radiaciones se discuten en el Capítulo 3.11. Cumplir algunas reglas sencillas lo ayudarán a mantener la radiación de fondo en el mínimo.

La radiación de fondo de corto plazo es la actividad que permanece en el detector después de que se ha eliminado la muestra de aire de la cámara de medición. Cuanto mayor sea la concentración de radón y cuanto más tiempo se mantenga la muestra en la celda, más actividad proveniente de las descendientes deja tras de sí. Por lo tanto, para evitar la radiación de fondo, cuando usted vea lecturas de radón altas, finalice su medición y purgue la celda para muestras prontamente. Lleve el instrumento a un lugar con poco radón, tal como el aire libre. Asegúrese de que el tubo de secado esté conectado y seleccione >Purgar la prueba. Deje que el RAD7 se purgue durante 5 a 10 minutos, o más tiempo si la muestra es excepcionalmente "caliente".

Los dos picos alfa se desintegran con una velocidad diferente. El pico de polonio-218, de la Ventana A, se desintegra con una vida media de 3,05 minutos. Por lo tanto, en 10 minutos habrá descendido a una décima parte de su tasa de recuento original. Al pico de la Ventana C, sin embargo, le tomará más de dos horas descender a un décimo de su tasa de recuento.

En lugar de esperar allí durante horas, usted puede comenzar la siguiente prueba en modo RASTREO, el cual ignora la Ventana C. De hecho, los protocolos de monitoreo de uno o dos días establecidos previamente en el RAD7 utilizan el modo AUTO, el cual inicia una medición en modo RASTREO y cambia automáticamente a modo NORMAL, después de tres horas. Este modo se ocupa de todo, salvo de una exposición extrema a niveles muy altos de radón.

Usted puede siempre medir la radiación de fondo de corta duración, con las pruebas en modo RASTREO, de 5 minutos de extensión. Ejecute

algunas pruebas para comprobar que la radiación de fondo sea baja.

4.7 Ambientes peligrosos y severos

4.7.1 Salpicaduras de agua

Debe tenerse un cuidado especial para evitar que se salpique agua sobre la placa frontal del RAD7 o para evitar que ingrese agua al instrumento a través la entrada del RAD7. Cualquiera de las dos situaciones puede provocar un mal funcionamiento o corrosión. Si el RAD7 va a funcionar en un ambiente severo, como una cueva o una mina, donde el agua puede salpicarse alrededor, el RAD7 puede protegerse de dos maneras:

- a) Puede colocarse un film plástico sobre la placa frontal y los laterales de la caja. El film se puede deslizar alrededor de los conectores de la manguera. Pueden insertarse tapones en las tomas de corriente y de datos, empujando el film plástico alrededor de los terminales. El resultado es lograr que el instrumento sea casi impermeable.
- b) El RAD7 puede cubrirse con una gran bolsa transparente de plástico, con la abertura plegada y sostenida por una banda elástica, alrededor de la tubería de entrada de la muestra de aire.
- c) El aire seco proveniente de la salida del RAD7 puede ser descargado hacia el interior de la bolsa. De esta manera, se garantiza que el RAD7 esté operando en un ambiente seco y limpio.

Si alguna vez el agua ingresa en el RAD7, o si el RAD7 se sumerge, probablemente deje de funcionar y deben darse pasos inmediatamente para minimizar el impacto en el instrumento.

Mantenga el RAD7 en posición vertical. Esto impedirá que el agua toque el detector, el cual se encuentra cerca de la placa frontal, en la parte superior del domo. Coloque un trozo de tubería sobre la salida del RAD7, y el otro extremo en un fregadero. Utilice la bomba del RAD7 si todavía funciona. Caso contrario coloque una bomba externa en la entrada, para inyectar aire dentro del

instrumento. Cuando el agua deje de fluir desde la salida, coloque desecante contracorriente del RAD7, para secar la trayectoria del aire. Cuando la trayectoria de aire esté completamente seca (luego de que se le ha inyectado aire seco por aproximadamente una hora), quite la placa frontal de la caja, saque el agua de la caja y seque con aire la caja y los elementos electrónicos del RAD7.

Una vez que no haya agua visible dentro o sobre el instrumento, éste puede colocarse en un horno a 50°C durante algunas horas para secarlo completamente. Adicionalmente, puede insuflarse aire deshidratado a lo largo de la trayectoria del aire, hasta que el aire que sale del RAD7 tenga menos de 10% de humedad relativa. Después de este tratamiento se prevendrá que se produzca mayor corrosión, y el RAD7 se iniciará otra vez. Usted puede usar el sensor de humedad relativa interna para medir cuán seca está la trayectoria del aire. En este punto, el instrumento debe ser remitido a DURRIDGE para su reparación.

4.7.2 Ambiente polvoriento

El polvo puede contaminar el desecante y provocar una elevada radiación de fondo de radón, debida al radón emitido por trazas de radio depositado en el desecante por el polvo

contaminante. Para prevenir esto, debe adosarse un filtro de polvo a la tubería en el punto de muestreo, contracorriente de todo.

Con cada RAD7, se suministra un filtro de polvo apropiado. El filtro debe reemplazarse cuando se ensucia. Pueden comprarse filtros de reemplazo en un proveedor de repuestos de automóviles, tales como filtros de gasolina alineados de VW Beetle de 1960, número de pieza 803-201-511C, o FRAM G4164. Los filtros también pueden comprarse en DURRIDGE.

Por favor, observe que cualquier restricción al flujo de aire, incluyendo un filtro de polvo colocado contracorriente de un DRYSTIK pasivo reducirá la efectividad del DRYSTIK. En un ambiente polvoriento, con un filtro de polvo colocado, un DRYSTIK activo seguirá funcionando bien, inclusive si el filtro de polvo se bloquea parcialmente.

4.7.3 Peligro de radiación

Si el RAD7 se coloca en una posición peligrosa para la salud de las personas, puede establecerse una comunicación remota a través de una red inalámbrica o por líneas telefónicas. Por favor, vea el Capítulo 6 y el manual del usuario de CAPTURE para obtener más detalles.

5. UTILIZACIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL RAD7: EVALUAR EL RADÓN EN EL SUELO Y EN EL AGUA

5.1 *Introducción*

Con el agregado de ciertos accesorios ofrecidos por DURRIDGE, el RAD7 puede adquirir la habilidad de detectar radón en muestras de agua, agua que fluye, gas del suelo, superficies duras y blandas y objetos recolectados. Estas aplicaciones y los accesorios requeridos para cada una se describen más abajo.

Para obtener detalles completos del uso de un determinado accesorio, por favor, consulte el manual del usuario. Todos los manuales sobre productos están impresos y en el sitio web de DURRIDGE (www.durrige.com).

5.2 *Radón en el agua*

5.2.1 El accesorio RAD H2O

El RAD H2O es un accesorio para el RAD7 que le permite a usted detectar radón con gran exactitud, en un amplio rango de concentraciones, y obtener su lectura una hora después de tomar la muestra. Es particularmente adecuado para evaluar pozos de agua, donde a menudo se necesitan resultados inmediatos.

El RAD H2O usa un sistema pre-calibrado y estándar para limpiar el gas y también usa protocolos preestablecidos. Estos protocolos están incorporados en el RAD7, y brindan una lectura directa de la concentración de radón en la misma muestra de agua. El método es de hecho una variación especial del método de muestro de una captura, descrito en el capítulo previo.

Los tamaños de muestras más ampliamente difundidos son 40 mL y 250 mL, dado que estos tamaños corresponden a los protocolos incorporados, Wat-40 y Wat250 del RAD7. Usando el juego de accesorios Gran botella RAD H2O pueden analizarse grandes muestras de agua de hasta 2,5 L. Las concentraciones de radón se calculan usando el software CAPTURE para Windows y OS X, que se suministra.

El RAD H2O viene con un manual detallado, al cual lo remitimos para obtener información adicional.



The RAD H₂O Accessory



The RAD AQUA Accessory

5.2.2 El accesorio RAD AQUA

El accesorio RAD AQUA coordina el monitoreo continuo de radón en agua, ofreciendo resultados exactos en tan solo una hora. Las aplicaciones del RAD AQUA incluyen evaluar agua de un grifo y agua bombeada desde el fondo de un lago. Además de su rápida respuesta, el RAD AQUA ofrece un alto grado de sensibilidad.

El RAD AQUA funciona llevando el aire al equilibrio, mediante agua que atraviesa el intercambiador, en un circuito cerrado. Durante este proceso, se programa al RAD7 para funcionar en modo continuo, tal como se describió en el Capítulo 4.2.

Dado que la ratio de equilibrio entre el radón del aire y el radón del agua está afectada por la temperatura, se usa una sonda de temperatura para recolectar datos del agua. Luego, el software DURRIDGE CAPTURE para Windows y OS X accede a los datos del RAD7 y a los datos de temperatura del agua y calcula las lecturas finales de radón.

Se anima a los usuarios a consultar el manual del RAD AQUA para obtener detalles adicionales.

5.2.3 El accesorio SONDA DE AGUA

La sonda de agua se usa para recolectar muestras de radón en grandes cuerpos de agua. La sonda consta de un tubo con una membrana semipermeable, montada en un armazón abierto de cable. El tubo se coloca en un circuito cerrado con el RAD7.

Cuando la sonda se baja hasta el agua, el radón atraviesa la membrana, hasta que la concentración de radón del aire del circuito está en equilibrio con la concentración de radón del agua. Tal como con el RAD AQUA, los datos del RAD7 y los datos de la temperatura del agua se recolectan simultáneamente y CAPTURE accede a ellos, para determinar el resultado final.

En comparación con el RAD AQUA, la sonda de agua tarda más tiempo en hacer una medición en algunos puntos al azar. Sin embargo, no necesita una bomba.

5.3 *Muestreo del gas del suelo*

5.3.1 Aplicación

La concentración de radón del gas del suelo que circunda una casa es uno de los muchos parámetros que impactan en el riesgo para la salud que genera el radón. La construcción de la casa, la porosidad del suelo, la altura del nivel hidrostático y otros diversos factores son todos importantes. Incluso si no hay radón en el suelo circundante, la casa todavía puede estar en riesgo si tiene un pozo en el sótano, o está construida en la roca, sobre una fisura. A pesar de todo, frecuentemente resulta interesante determinar la concentración de radón que tiene el gas del suelo.

Usualmente, el torón está asociado con el radón del suelo. Por lo tanto, cuando se mide el gas del suelo es particularmente útil determinar el contenido del torón y también el contenido de radón. Si hay cantidades significativas de torón, puede utilizarse como un indicador para encontrar los puntos de entrada del radón, dentro de la casa. Ver Capítulo 4.3.2, para obtener detalles.

5.3.2 El accesorio sonda para medir el gas del suelo

El costo y la complejidad de la sonda para medir el gas del suelo aumentan con la profundidad hasta la cual puede ser insertada. DURRIDGE ofrece una variedad de sondas. La más simple de ellas penetra hasta una profundidad de 3 pies.

5.3.3 Preparación de la sonda para medir el gas del suelo

Para obtener detalles completos del uso de la sonda para medir el gas del suelo, por favor, consulte el manual del usuario apropiado, que encontrará en el sitio Web de DURRIDGE (www.durridge.com). El procedimiento básico puede resumirse de la siguiente manera.

Inserte la sonda para el suelo. Asegúrese de que hay un sellado razonable entre el eje de la sonda y el suelo circundante, de forma tal que el aire ambiental no descienda alrededor de la sonda y diluya la muestra del gas del suelo.

Entre la sonda y el RAD7, conecte la trampa de agua, que se incluye (que podría ser simplemente una jarra con dos conectores herméticos para manguera, en la tapa). Luego conecte la unidad de secado en laboratorio, y el filtro de entrada. Cuando se compra la sonda DURRIDGE para el gas del suelo, se incluye una trampa de agua.

Configure el protocolo en RASTREO. Normalmente, el gas del suelo tiene tanto radón que no es necesario utilizar ciclos con duraciones largas, para lograr precisión. Ciclos con una duración de cinco minutos son suficientes.

5.3.4 Ejecutar la prueba

Inicie la prueba (Prueba, Iniciar, [ENTER]). En la pantalla de LCD usted verá la primera ventana de estatus. Pulse dos veces la flecha derecha. La pantalla mostrará la temperatura, la humedad relativa, el voltaje de las baterías y la corriente de la bomba. Preste particular atención a la humedad relativa y a la corriente de la bomba. La humedad deberá descender gradualmente a menos del 10% y permanecer allí.

Si la corriente de la bomba comienza a subir a mucho más de 100 mA, sugiere que el suelo no es poroso, en cuyo caso puede ser que no se pueda extraer una buena muestra del gas del suelo, no importa cuán poderosa sea la bomba que se utilice. Con la corriente de la bomba del RAD7 por sobre 100 mA, la velocidad del flujo de aire se reducirá significativamente con respecto a la velocidad nominal de 1 L/min. Esto no afectará la lectura de radón, pero reducirá la sensibilidad efectiva al torón, dado que más torón se desintegrará en el camino hacia el RAD7. Si se desea, puede utilizarse una bomba adicional, pero debe colocarse contra corriente del RAD7, de forma tal que el RAD7 funcione con presión normal. De hecho, si se utiliza una bomba externa de muestreo, inclusive puede desenchufarse la bomba del RAD7 por completo.

5.3.5 Interpretar los datos

Tal como con cualquier prueba de RASTREO, deben ignorarse los primeros dos ciclos de 5 minutos. El siguiente ciclo o dos ciclos deben promediarse, para llegar a la concentración de radón del gas del suelo.

Para el torón, debe hacerse una estimación de cuánto tiempo le tomó a la muestra llegar al RAD7, después de abandonar el suelo. Esto requiere una estimación del volumen de la trayectoria de la muestra, incluyendo la sonda, la trampa de agua, la tubería y la Unidad de secado, y una estimación o medición de la velocidad del flujo. Por ejemplo, si el volumen total de la trayectoria de la muestra es 2 L, y la velocidad del flujo es 0,5 L/min, la demora de la muestra es de aproximadamente 4 minutos. Si en un minuto, el torón se desintegra a la mitad, luego de cuatro minutos la concentración será tan solo 1/16 de la concentración del suelo. Entonces, la concentración de torón medida por el RAD7 deberá multiplicarse por 16.

5.4 Mediciones de las emisiones

5.4.1 Aplicación

Con su bomba interna, la trayectoria de la prueba sellada, y los conectores de la salida y de la entrada, el RAD7 está bien adaptado para medir las emisiones de los objetos y las superficies. Además, la habilidad para contabilizar solo las desintegraciones del polonio-218 significa que las mediciones dinámicas están limpias, y no están complicadas por acontecimientos de una larga vida media.

5.4.2 Configuraciones de circuito cerrado y abierto

Pueden analizarse las emisiones de los objetos recolectados usando la Cámara de emisión a granel de DURRIDGE. También es posible analizar las emisiones de superficies duras o blandas, con la Cámara de emisión superficial de DURRIDGE, la cual tiene un recinto similar a una placa, capaz de formar un sello ajustado alrededor de la superficie en cuestión. En ambos casos, el RAD7 extrae aire del espacio cerrado, a través del desecante y del filtro de entrada, y lo deposita dentro de la cámara de medición. Después, puede hacerse regresar el aire al recinto, desde la salida del RAD7, para formar un circuito cerrado. Alternativamente, en una configuración de circuito abierto, el aire extraído del recinto puede reemplazarse con aire ‘cero’, proveniente de un cilindro, o con aire ambiental, el cual debe tener una concentración baja de radón, pero conocida.

dividirse por el área de la superficie dentro del límite sellado, para determinar la emisión por área de unidad.



The Surface Emission Chamber

5.5 *Accesorios de apoyo*

5.5.1 **Panorama general**

DURRIDGE ofrece accesorios adicionales para el RAD7, que mejoran la exactitud de los informes sobre el radón y el torón, mediante la optimización de las condiciones de funcionamiento.

El RAD7 es capaz de detectar radón en concentraciones de hasta 20.000 pCi/L (750.000 Bq/m³). Para las aplicaciones que involucran concentraciones de radón superiores, DURRIDGE ofrece el Diluyente de rango, un dispositivo que quita el 90% del radón de la muestra de aire que ingresa al RAD7, otorgándole al instrumento la capacidad de funcionar en condiciones que de otra forma no podría enfrentar. Una cifra de concentración final se consigue multiplicando el resultado obtenido por diez.

Otra limitación del RAD7 es que pierde exactitud al brindar información, en condiciones de alta humedad. El uso de desecante asegura que el aire que atraviesa la entrada del RAD7 no sea demasiado húmedo, pero dado que el desecante se gasta rápidamente cuando se expone a aire muy húmedo, DURRIDGE ofrece el DRYSTIK, un instrumento que quita la humedad del aire que ingresa al RAD7, sin remover el radón. El

DRYSTIK modelo primera categoría es capaz de reducir la humedad de una muestra de aire usual al 4% en menos de 20 minutos, prolongando enormemente la vida del desecante, o eliminando la necesidad de desecante por completo.

El Diluyente de rango y el DRYSTIK se describen con mayor detalle abajo. Para obtener documentación completa de cualquiera de los dos, por favor, consulte los manuales del usuario del Diluyente de rango y del DRYSTIK, que pueden obtenerse en formato PDF en el sitio Web de DURRIDGE (www.durridge.com).

5.5.2 **El Diluyente de rango**

El Diluyente de rango mezcla aire fresco con el aire que está siendo analizado, reduciendo la concentración del radón que ingresa al RAD7 en un factor de diez. Esto incrementa enormemente el alcance efectivo del instrumento.

El Diluyente de rango consta de dos tubos capilares paralelos unidos en un extremo con un conector de manguera de salida. Se coloca aire fresco en la entrada de un tubo, mientras la muestra de radón al azar se coloca en el otro tubo. Para garantizar que los dos tubos capilares tengan la misma caída de presión en toda su extensión, se coloca un sensor de presión diferencial transversalmente entre las entradas de los dos tubos, con una válvula de aguja para ajustar.

Con este sistema, la concentración de radón que llega al RAD7 se reduce en un orden de magnitud, sin tomar en cuenta la velocidad del flujo y la fuerza de la bomba interna del RAD7. La bomba del RAD7 puede entrar y salir de un ciclo sin afectar al factor de reducción.

El Diluyente de rango puede usarse para medir concentraciones muy altas de radón en el aire, en el gas del suelo y en el agua. También puede utilizarse con cualquier otro instrumento que tenga su propia bomba, para cualquier gas. Si se utiliza para diluir el rango de medición del torón, debe tenerse cuidado de evaluar y corregir la desintegración adicional del torón causada por el retraso en la recolección de la muestra.



The Range Extender

5.5.3 EL DRYSTIK

El DRYSTIK reduce la humedad del aire que ingresa al RAD7, transfiriendo la humedad de la muestra (que está por ingresar al RAD7) al aire que está siendo bombeado fuera del instrumento. Cuando el aire ingrese a la unidad de secado (que no se incluye), ya habrá perdido la mayoría de su humedad, en su camino hacia el RAD7, extendiendo enormemente la vida del desecante de la unidad de secado. En ciertos casos, la necesidad de desecante se elimina por completo.

El DRYSTIK tiene en su centro un intercambiador Nafion, con bomba de diafragma, limitadores de flujo variables y fijos y un Controlador de ciclo de trabajo incorporado. Todos estos dispositivos están en un recinto compacto. La bomba del DRYSTIK comprime la muestra de aire dentro de la tubería de membrana, iniciando la transferencia de las moléculas de agua al flujo externo de la purga, secando el aire entrante, mientras se mueve a través del dispositivo.

El DRYSTIK tiene tres variantes, según la longitud de la tubería Nafion utilizada. El modelo 144-ADS de primera categoría es capaz de disminuir la humedad relativa del aire que está fluyendo a 0,15 L/min por abajo del 10%, en menos de cuatro horas, y mantener la humedad relativa por debajo del 6% indefinidamente sin ningún desecante. Esto le permite al RAD7 funcionar en condiciones óptimas, con la mayor sensibilidad y el menor costo operativo. Con un flujo superior (1,2 L/min), el DRYSTIK puede disminuir la humedad relativa por debajo del 12%, lo cual es suficiente para medir el torón con una mejor sensibilidad.

Para medir el gas del suelo, el DRYSTIK brinda una funcionalidad para un gran flujo, permitiendo la detección de torón de corta duración. Para el radón, la habilidad de disminuir el flujo con el Controlador de ciclo de trabajo incorporado significa que las lecturas del gas del suelo continuas pueden realizarse indefinidamente, sin ningún riesgo de que el aire fresco diluya la muestra de gas del suelo, al difundirse desde la superficie hasta el punto de extracción. Dada su versatilidad, el DRYSTIK es efectivo para una amplia gama de aplicaciones.



The DRYSTIK (Model ADS-2)

6. Conectividad del ordenador

6.1 Fundamentos de la conectividad del ordenador

El puerto en serie incorporado del RAD7 le permite a usted transferir los datos de radón a su ordenador personal y configurar el dispositivo remotamente. DURRIDGE brinda una herramienta gratuita de software, para Windows y OS X, CAPTURE, que facilita realizar estas acciones, así como también monitorear el estado del RAD7, confeccionar gráficos con los datos del radón y del torón, corregir los factores ambientales y exportar los resultados.

También es posible usar un programa emulador de terminal para establecer una interfaz con el RAD7, y para escribir su propio software de comunicaciones del RAD7, usando el protocolo documentado más adelante en este capítulo.

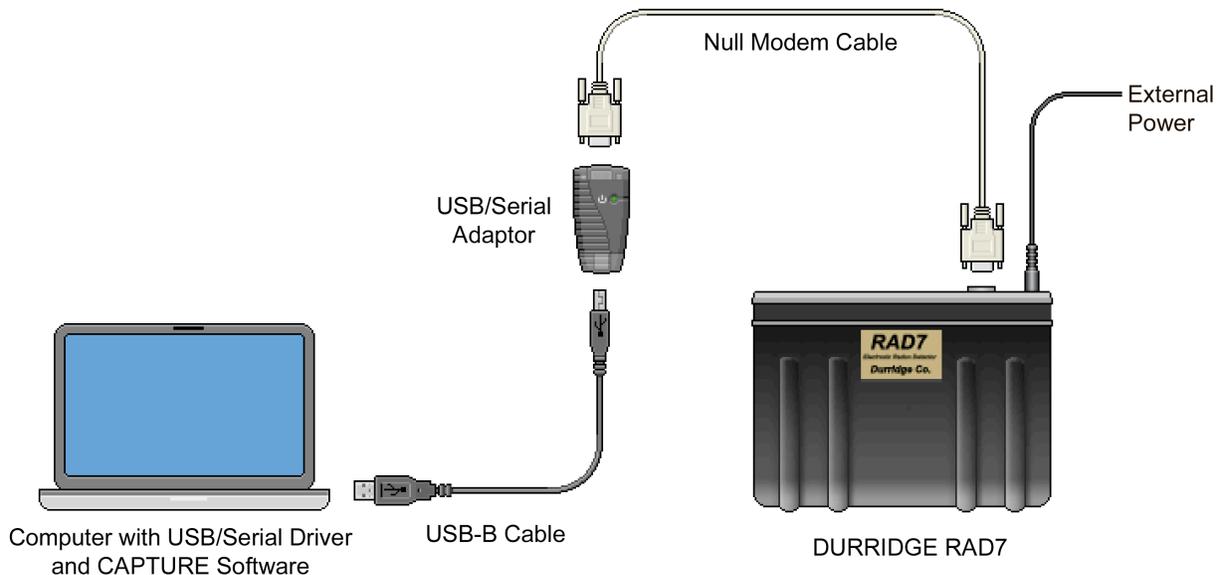
El puerto en serie del RAD7 se conecta con un ordenador, usando el cable módem nulo, que se incluye. Dado que los ordenadores más nuevos no tienen puertos en serie, se suministran de forma estándar con el RAD7 un adaptador USB a RS-232 y los controladores requeridos.

La configuración recomendada involucra el cable módem nulo, el adaptador USB a RS-232, y un

cable USB-B, como se muestra en el diagrama más abajo. Si no se tiene un cable módem nulo, es posible usar un cable moderno estándar, junto con un adaptador de módem nulo. Se recomienda que el RAD7 permanezca enchufado a la fuente de alimentación externa, para impedir que sus baterías se agoten, mientras permanece conectado con el ordenador.

La versión más reciente del software CAPTURE puede descargarse del sitio Web de DURRIDGE (www.durridge.com). En el Capítulo 6.2 se brinda un panorama general de CAPTURE. La documentación completa está disponible en www.durridge.com/capturehelp/. También puede accederse a esta información desde la aplicación CAPTURE, dentro del menú AYUDA.

Después de la sección sobre CAPTURE, el resto de este capítulo contiene información técnica, que les resultará interesante a los usuarios avanzados que intentan comunicarse con el RAD7 a través de una ventana de terminal y a aquellos usuarios que desean escribir su propio software para comunicarse con el RAD7.

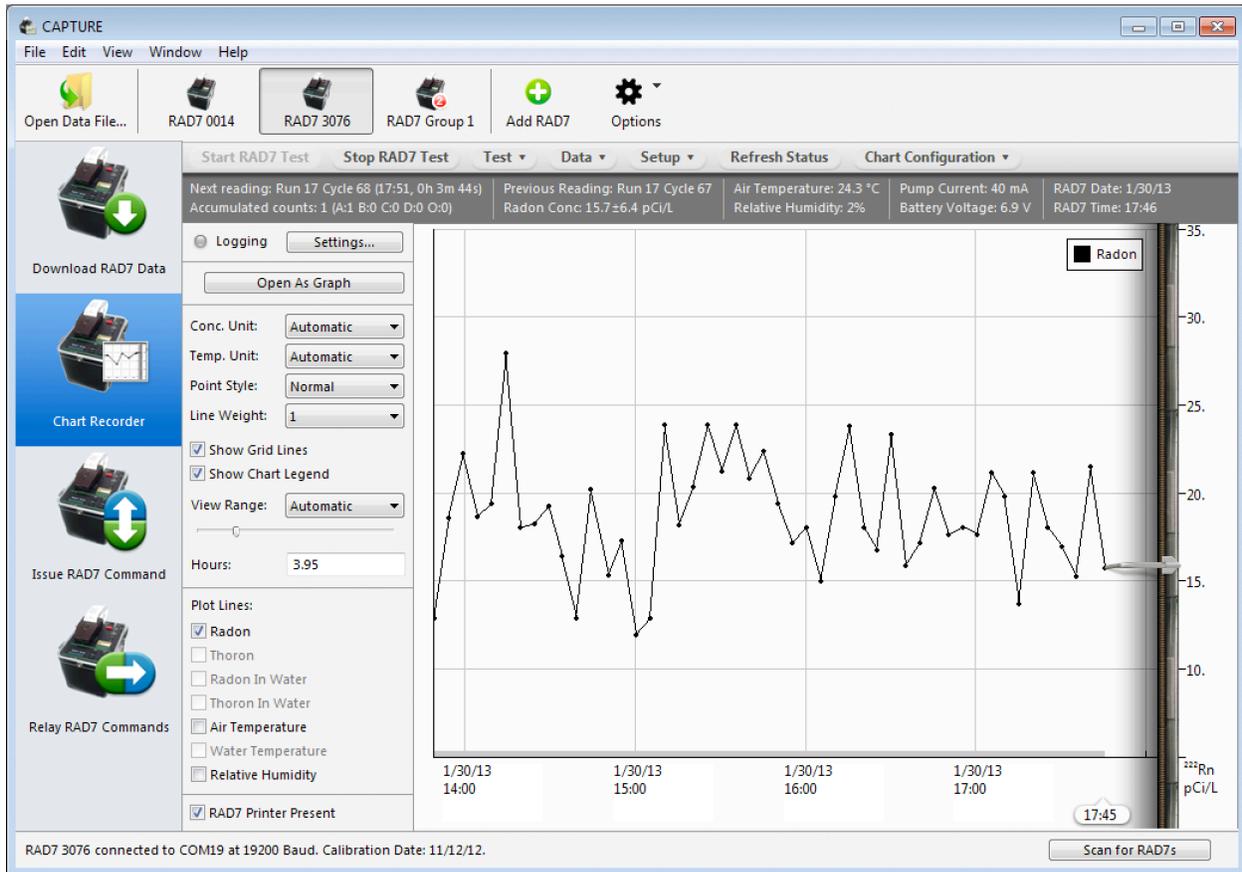


Conectar el RAD7 con un ordenador

6.2 Software CAPTURE

CAPTURE está diseñado para simplificar la transferencia de datos desde el RAD7 hasta un ordenador. También brinda una gran cantidad de opciones de análisis de datos y representación gráfica, y ofrece la posibilidad de exportar datos a otros programas para su revisión adicional. El software está disponible para Windows XP/Vista/7, y Macintosh OS X. La versión más reciente de CAPTURE puede descargarse en el sitio Web de DURRIDGE (www.durridge.com) sin cargo.

This chapter serves as a brief introduction to the CAPTURE software. It is recommended that RAD7 users examine the complete CAPTURE documentation which is available within the program's Help menu. This information may also be found on the DURRIDGE website, at www.durridge.com/capturehelp/.



CAPTURE Software running in Windows 7

6.2.1 Instalar CAPTURE

Descargue la versión apropiada de CAPTURE (Windows o Macintosh) del sitio Web de DURRIDGE. Si utiliza Windows, un programa instalador instalará los componentes necesarios y colocará los métodos abreviados en el Menú Inicio y en el escritorio, si así se lo desea. Para

instalar CAPTURE en Macintosh, abra el archivo .dmg que ha descargado y arrastre la aplicación CAPTURE hasta la carpeta Aplicaciones o hasta la ubicación que usted eligió.

Para hacer funcionar CAPTURE en un ordenador sin un puerto en serie, es necesario instalar el controlador del adaptador Keyspan Serial a USB, que se incluye en el CD del software DURRIDGE, que se encuentra dentro del paquete del RAD7. Este software también está disponible en el sitio Web de Triplite, (<http://www.tripplite.com/>). En el sitio Web, haga clic en el enlace Keyspan Products y busque el enlace USA-19HS, para acceder al software del controlador apropiado.

Para conectar más de un RAD7 con un ordenador, es posible usar diversos adaptadores USA-19HS simultáneamente. Cada uno de los adaptadores debe estar conectado con un puerto USB de un ordenador (es decir, no conecte múltiples adaptadores con un solo núcleo USB.) Alternativamente, puede usarse el adaptador Keyspan USA-49WG 4-Port Serial a USB para conectar hasta 4 RAD7s, usando un solo puerto USB.

Dentro de los otros adaptadores en serie a USB que se sabe que funcionan con CAPTURE se encuentran aquellos adaptadores que usan el controlador FTDI Chip, que no se incluye con el RAD7, pero está disponible para diversas plataformas. DURRIDGE recomienda el adaptador Keyspan para la mayoría de los usos.

6.2.2 Resumen de funciones

Las capacidades de CAPTURE se dividen en tres categorías principales: descargar Datos del RAD7, representación gráfica y análisis, y monitoreo del RAD7 en tiempo real. Abajo se da un panorama general de cada categoría.

6.2.3 Descargar los datos del RAD7

La función primaria y original de CAPTURE es descargar los datos del RAD7. Una vez que se conecta con el RAD7, el programa puede descargar todos los datos del dispositivo o una serie particular de datos. Para lograr un conjunto más completo de registros, también pueden obtenerse resultados suplementarios, que contienen registros de la concentración de torón. Una vez que se ha completado una operación de descarga, los resultados se guardan en el disco en el formato que elija el usuario.

Además de poder descargar datos desde RAD7s conectados directamente con el ordenador, CAPTURE puede obtener datos de RAD7s remotos, conectados mediante un módem, una red local o software de escritorio remoto.

6.2.4 Representación gráfica y análisis

Una vez que se han descargado y guardado los datos del RAD7 en un disco, pueden exhibirse en un gráfico. La Ventana Gráfico de CAPTURE permite mostrar datos de humedad, de temperatura, del torón y del radón. Los controles de navegación permiten seleccionar los puntos de datos dentro de un rango específico de datos y acercarse a esa región para tener una mirada más cercana.

Acompañando la representación gráfica, hay un panel de estadísticas, que muestra información sobre el punto más cercano al cursor, los puntos dentro de la región seleccionada, así como los puntos que abarcan todo el conjunto de datos.

En otro panel se muestra una pantalla resumida del espectro, brindando una indicación de los cambios que se han producido dentro del RAD7, a medida que avanzó la sesión de prueba.

Los perfiles del RAD7 (que se basan en los datos de calibración del dispositivo) pueden aplicarse a gráficos, para mejorar la exactitud de los datos mostrados. Los puntos de datos también pueden corregirse en cuanto a humedad, temperatura y a otras variables. Todos los registros problemáticos de datos serán examinados por el sistema integral para atrapar errores de CAPTURE y se informarán al usuario.

CAPTURE permite exportar los datos crudos del RAD7 y los datos más completos del RAD7 con los errores corregidos, en una variedad de formatos, para ser utilizados en hojas de cálculo y otras herramientas de análisis. También pueden generarse informes resumidos, que brindan panoramas generales de los datos recogidos.

6.2.5 Monitorear en tiempo real con el RAD7

CAPTURE es capaz de hacer un monitoreo de múltiples RAD7s remotos y locales simultáneamente en un Registrador gráfico, mostrando detalles del estatus y trazando las concentraciones de radón en tiempo real, a

medida que se registran. Hay un panel de estadísticas que se renueva automáticamente, a medida que llega nueva información.

Además de rastrear la situación de cada RAD7 conectado, también es posible generar comandos de menú, que realicen tareas tales como iniciar y detener pruebas y configurar el protocolo. Se puede acceder a todas las funcionalidades de los controles físicos del RAD7 desde el interior de la interfaz gráfica de CAPTURE.

Tal como manifestamos arriba, sugerimos que los usuarios examinen la documentación completa de CAPTURE, que está disponible en www.durridge.com/capturehelp/ y dentro del menú Ayuda del programa.

6.3 Protocolo de comunicación del RAD7

6.3.1 Requisitos de la comunicación

Aunque el software CAPTURE para Windows y OS X brinda una solución completa para descargar los datos del RAD7 y enviar los comandos del RAD7, puede ser deseable comunicarse con el dispositivo usando una ventana de terminal, o herramientas de comunicación personalizadas, diseñadas para satisfacer necesidades específicas.

El firmware RADLINK, que se instala de forma estándar en cada RAD7 que se vende, le permite al RAD7 responder a los comandos enviados a través de su puerto en serie. Con RADLINK instalado, todos los comandos que están disponibles en el teclado del RAD7 también estarán disponibles en el puerto en serie. Desde un ordenador usted puede por ejemplo cambiar los parámetros de funcionamiento del RAD7, realizar una prueba y luego descargar los datos acumulados.

6.3.2 Formato de los comandos del RAD7

El formato de los comandos enviados al puerto en serie del RAD7 coincide, tan estrechamente como resulta posible, con el formato de los comandos que están disponibles para el usuario en el teclado del RAD7. Por ejemplo, el comando para cambiar la duración del ciclo a 1 hora es "SETUP

CYCLE 01:00". El comando para apagar el silbido de audio es "SETUP TONE OFF". El comando para enviar datos de la serie número 3, con un formato delimitado por comas, es "DATA COM 3". (Este comando particular se describe con más detalle en el Capítulo 6.3.3, Análisis de los datos del RAD7.)

Además de los comandos usuales del RAD7, se han implementado comandos adicionales (a través de RADLINK), que agregan funcionalidad y en algunos casos sustituye a otros comandos. Todos estos comandos comienzan con la palabra "SPECIAL". Uno de dichos comandos es "SPECIAL STATUS", el cual brinda información del estatus actual del instrumento. Es como "TEST STATUS", pero no continua actualizando la información cada segundo; en su lugar, le devuelve el control al usuario.

El tercer carácter ASCII estándar, ETX, una tecla que funciona como un "menú" remoto, que puede usarse para interrumpir ciertas actividades del RAD7 y prepararlo para aceptar un nuevo comando. El RAD7 responde con un símbolo de sistema, el carácter mayor a ">", que le dice a usted que está listo para un nuevo comando. Cuando utiliza un programa emulador de terminal, usted siempre introducirá comandos después del símbolo de sistema.

Todos los comandos deben estar seguidos por un retorno de carro (el 13° carácter estándar ASCII), denominado aquí como <CR>. Ningún comando se activará hasta que se introduzca <CR>. Después de introducir un comando, siempre finalice con una pulsación de la tecla retorno de carro. Esta tecla puede estar marcada como "Enter" o "Return" en su teclado.

Si el RAD7 no puede comprender su comando, o por ejemplo si usted ingresó las palabras en un orden erróneo o cometió errores de ortografía, responderá con

?ERROR

seguido por una lista de palabras de comando aceptables.

No importa ni la distinción entre mayúsculas y minúsculas ni el formato numérico. En el último ejemplo, "data com 03", "Data Com 3", y "dAtA coM 03.00" funcionan igualmente bien.

6.3.3 Análisis de los datos del RAD7

Los datos almacenados en el RAD7 pueden obtenerse a través del comando Data Com ##. Especifique el número de serie en la línea de mando y finalice con un retorno de carro. Alternativamente, ejecute el comando "Special ComAll" para descargar del RAD7 todas las series.

Cada ciclo produce un registro que contiene 23 campos. Los registros están separados por saltos de línea/retornos de carro. Dentro de cada registro, las comas separan los campos. Los campos pueden tener ceros al comienzo,

caracteres de espacio extra, decimales finales, etc., los cuales puede ser necesario borrar. Cuando el RAD7 responde a un comando Data Com o Special ComAll, cada línea devuelta representa un ciclo diferente. Aquí hay un ejemplo de una línea:

```
009,99,10,29,04,18,4823.,337.8,45.4,  
2.9,46.6,0.3, 2201,14, 23.7, 5, 7,  
7.09, 00, 125, 28.32743, .8500846,  
255<CRLF>
```

El significado de cada uno de estos valores se describe en la tabla de la próxima página.

Chapter 6

Contenido del registro de datos del RAD7:

ID	Nombre del campo	Notas
1	Número de prueba	Oscila entre 001 y 99
2	Año	Valor de 2 dígitos
3	Mes	Valor de 2 dígitos
4	Día	Valor de 2 dígitos
5	Hora	Valor de 2 dígitos
6	Minuto	Valor de 2 dígitos
7	Recuentos totales	Número entero que indica los recuentos totales
8	Período activo	Expresado en minutos
9-12	% recuentos totales A-D	La suma de estas cuatro ventanas no siempre dará 100%, dado que los recuentos pueden ir a parar a canales que se encuentran abajo o arriba de estas ventanas.
13	Nivel de alto voltaje	Oscila entre 2.200 V y 2.300 V
14	Ciclo de trabajo HV	Oscila entre 0 y 100%; típicamente 10 y 20%
15	Temperatura	Medida in °C o °F, según la configuración del RAD7
16	Humedad relativa	Debe mantenerse debajo del 10%, para lograr una prueba más exacta
17	Corriente de fuga	Oscila entre 0 y 255. Por arriba de 20 es un motivo de preocupación.
18	Voltaje de las baterías	Por debajo de 6,00 V, las baterías están descargadas. No afecta la exactitud de la prueba, pero indica que es necesario hacer una recarga
19	Corriente de la bomba	Oscila entre 0 y 260 mA. Típicamente 40 a 80 mA; por arriba de 100 mA el filtro posiblemente está atascado o hay una obstrucción.
20	Byte para banderas	El bit 0 indica si la bomba está en modo TIMED El bit 1 indica si la bomba está ENCENDIDA continuamente El bit 2 no está definido El bit 3 indica si el tono está en modo GEIGER El bit 4 indica si el silbido está activado El bit 5 indica si después de cada prueba se imprimirá un espectro El bit 6 indica si existen múltiples pruebas (reciclado) El bit 7 indica si el RAD7 se encuentra en modo de prueba de RASTREO.
21	Concentración de radón	Expresada en pCi/l, Bq/m ³ , recuentos por minuto, o cantidad de recuentos, dependiendo de las unidades en que se ha configurado el RAD7 para ser usado.
22	Incertidumbre de la concentración de radón	Error 2 sigma - de la concentración en las MISMAS unidades que la concentración (no en %)
23	Byte para unidades	Los bits 0 y 1 indican la unidad de concentración: 00 = recuentos por minuto. 01 = cantidad de recuentos 10 = Bq/m ³ . 11 = pCi/L. El bit 2 al bit 6 no están definidos. El bit 7 indica la unidad de temperatura (0 = °F, 1 = °C)

6.3.4 Consejos sobre el emulador de terminal

Si usted está utilizando un emulador de terminal para interactuar con el RAD7, puede conseguir funcionalidad adicional si se asegura de que el terminal se ha configurado con el fin de brindar códigos de escape estándar ANSI, para las teclas de control del cursor y para las teclas de función. Para obtener estas funciones, configure el terminal para modo VT-100, VT-52, o para ANSI. Las teclas de función F1, F2, F3 y F4 actúan como un teclado remoto del RAD7. Corresponden a las teclas del RAD7 [MENU], [ENTER], [←], y [→]. El carácter Control-C también actúa como la tecla remota de [MENU], (ETX). La tecla borrar/retroceso de su teclado le permite corregir los comandos con errores ortográficos, antes del retorno del carro. Si esta tecla no funciona, entonces Control-H puede cumplir la misma función.

6.4 Especificaciones del puerto en serie

6.4.1 Protocolo de comunicación

El puerto en serie del RAD7 sigue la convención del RS-232C para los niveles de señal. El voltaje positivo (+3V a +15V) indica un estado lógico 0 (SPACE). Un voltaje negativo (-3V a -15V) indica un estado lógico 1 (MARK).

El terminal del conector sigue la convención de IBM PC para el puerto en serie de 9 terminales. Las líneas de intercambio de señales (DTR, DSR, RTS y CTS) no están completamente implementadas y deben considerarse no funcionales (NF), pero puede utilizarse el control de flujo X-on/X-off.

Asignaciones del terminal del puerto en serie RAD7

Terminal	Función	Comment
1	Detectar el transportador (CD)	No funcional
2	Recibir datos (RD)	
3	Transmitir datos (TD)	
4	Terminal de datos disponible (DTR)	No funcional
5	Puesta a tierra de señal (SG)	
6	Configuración de datos lista (DSR)	No funcional
7	Solicitud de envío (RTS)	No funcional
8	Autorización para enviar (CTS)	No funcional
9	Indicador de timbre (RI)	No funcional

El puerto en serie del RAD7 implementa una comunicación de dos vías con 300, 600, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, y 19.200 bits por segundo (baud); estas velocidades están disponibles mediante los comandos 'Special' del paquete de control remoto de RADLINK. La velocidad predeterminada es 1.200 bps.

Parámetros de comunicación del RAD7

Velocidad predeterminada	1200 bps
Velocidad máxima	19200 bps
Velocidad recomendada	9600 bps
Bits de datos	8 bits
Bit de paridad	Ninguno
Bits de parada	1 bit

El software de control remoto RADLINK reside en la memoria no volátil del RAD7 (NVRAM), pero su presencia no disminuye la cantidad de memoria disponible para almacenar datos del radón.

6.4.2 Extender el rango RS-232

La conexión simple y directa entre un puerto en serie y otro puerto en serie tiene un rango limitado a aproximadamente 50 pies (15 metros), de acuerdo con el estándar RS-232-C. Las opciones para extender esta oscilación incluyen los

amplificadores de línea RS-232, el bucle de corriente y otros tipos de convertidores de interfaz, módems de corta distancia y módems de línea contratada.

Puede utilizar módems estándares de datos para comunicarse (a través del sistema telefónico) con uno o más monitores remotos del RAD7, de forma tal que cuando desee obtener algunos datos o iniciar una nueva serie, simplemente "llame por teléfono" al instrumento que usted quiera. El módem debe ser compatible con Hayes y debe configurarse en respuesta automática.

El manual del usuario de CAPTURE contiene una sección titulada Comunicación de larga distancia, que detalla otras estrategias para comunicarse con RAD7s distantes. Estas estrategias incluyen la transmisión de comandos a través de Bluetooth, redes de área local y más.

7. Mantenimiento

Si se trata al RAD7 con respeto, el único mantenimiento que requiere el instrumento es una recalibración regular. Con este fin, el instrumento debe remitirse a DURRIDGE Company, quien verificará su salud, e incorporará los nuevos factores de calibración a su firmware.

Si planea usar el instrumento en un ambiente severo, donde el agua y/o el barro pueden salpicar el panel frontal, debe colocarse al RAD7 en una caja o en una bolsa de plástico transparente. La entrada de aire puede llevarse desde el punto de muestreo hasta la caja o la bolsa, mediante un tubo plástico. La salida de aire debe dejarse en la caja o la bolsa, de forma tal que el RAD7 quede rodeado de aire seco y limpio

7.1 Accesorios - Uso y cuidado

7.1.1 Desecante

Se suministran dos tamaños de tubos de desecante. En el modo NORMAL, utilice el tubo grande de 2" de diámetro (la unidad de secado en laboratorio). Esta unidad puede funcionar continuamente durante varios días con alta humedad, antes de necesitar renovación.

Cuando se usa como un Rastreador, se recomienda el tubo pequeño de desecante. Durará varias horas, antes de que resulte necesario reemplazar o rellenar el tubo. Para renovar el desecante, deben quitarse los gránulos del tubo y esparcirse parejamente en una capa delgada sobre una bandeja metálica o de vidrio Pyrex. Caliéntela a aproximadamente 200°C (400°F) durante al menos dos horas, o hasta los granos se vuelvan uniformemente azules. Deje que el desecante se enfríe en un contenedor cerrado pero no hermético, antes de rellenar la unidad de secado en laboratorio acrílica o el tubo de secado pequeño.

¿Cuánto dura el desecante? Ésta es una pregunta usual, y la siguiente información debería ser útil.

7.1.2 Unidad de secado en laboratorio

La columna alberga aproximadamente 500 gramos de desecante Drierite. El desecante puede absorber al menos 10% de su peso en agua, por lo tanto la capacidad de agua de la columna es de al menos 50 gramos. La bomba del RAD7 desarrolla una velocidad del flujo de aproximadamente 1 litro por minuto. Cuando se configura al RAD7 para que haga un monitoreo continuo con una bomba que funciona durante un tiempo determinado, la bomba funciona durante 20 a 30% del tiempo. Presumiremos una velocidad del flujo promedio de 0,3 litros por minuto.

La siguiente tabla muestra el contenido de humedad del aire en diversas condiciones de temperatura y humedad, y la vida esperada de una carga de desecante en la Unidad de secado en laboratorio.

RH	Deg. C	Deg. F	Días de duración de la columna
30%	20	68	23.1
30%	35	95	9.8
50%	20	68	13.3
50%	25	77	10
90%	10	50	13.7
90%	15	59	10
90%	20	68	7.4
90%	25	77	5.5
90%	30	86	4.2

7.1.3 Tubo pequeño de secado (tubo pequeño)

Cada uno de los tubos de secado pequeños contiene 30 gramos de desecante Drierite. La capacidad de agua de cada tubo es 3 gramos. Presumiremos que la bomba del RAD7 funciona continuamente, con una velocidad del flujo promedio de 1,0 litros por minuto. La tabla muestra la duración esperada de un tubo de secado pequeño en diversas condiciones de humedad.

RH	Deg. C	Deg. F	Horas de vida del tubo
30%	20	68	10
30%	35	95	4.2
50%	20	68	5.7
50%	25	77	4.3
90%	10	50	5.9
90%	15	59	4.3
90%	20	68	3.2
90%	25	77	2.4
90%	30	86	1.8

7.1.4 Colocar tubos de secado en serie

Para extender el tiempo de duración del desecante, usted puede colocar varios tubos de secado en serie. Hay dos factores que limitan el número de tubos de secado que puede usar. Primero, cada columna o tubo de secado adicional agrega una pequeña resistencia al flujo de aire, por lo cual la bomba deberá trabajar un poco más. Pero la resistencia que agrega un tubo de secado es muy inferior a la resistencia del filtro de entrada. Por lo tanto, usted debería poder colocar en serie varias columnas o tubos, sin restringir severamente el flujo de aire. Segundo, cada tubo adicional agrega un retraso entre la toma de la muestra y la respuesta del instrumento.

Para realizar un monitoreo continuo, un retraso de 10 a 20 minutos puede ser perfectamente aceptable, pero no lo será para rastrear. Usted puede estimar de forma conservadora el retraso tomando cuatro veces el volumen del sistema de secado y dividiéndolo por la velocidad del flujo promedio. Considere una aplicación de monitoreo continuo, que use una columna de secado en laboratorio, con un volumen de 0,8 litros, con la bomba que funciona durante un tiempo determinado, dando una velocidad del flujo promedio de 0,2 litros por minuto. Cuatro veces el volumen dividido por la velocidad del flujo da 16 minutos de retraso estimado. Esto será perfectamente aceptable para un monitoreo continuo. Para el rastreo del radón, usted utilizará usualmente los tubos de secado pequeños (volumen 0,032 litros). Esto creará retrasos insignificantes de menos de un minuto, inclusive con velocidades del flujo bajas. Usted puede

colocar en cascada varios tubos de secado pequeños, sin problema.

No coloque tubos en cascada cuando está rastreando torón, dado que la vida media del torón de 56 segundos necesita que usted mantenga los retrasos en un mínimo absoluto. Para rastrear torón, utilice un solo tubo de secado pequeño y coloque la bomba en operación continua (encendida). Mantenga la longitud de la manguera en 6 pies (1,8 metros) o menos.

7.1.5 Filtros

Se suministran filtros de entrada que se ajustan al accesorio de entrada metálico (tipo Luer macho). Estos filtros impiden que las partículas de polvo ultra finas y todas las descendientes del radón ingresen a la cámara de prueba del RAD7.

Diversas empresas (que incluyen a Millipore y SRI) fabrican filtros con tamaños de poros variados. Nosotros preferimos un tamaño de poro de 1,0 micrones o menos. Con la bomba del RAD7, pueden usarse filtros con poros de tan solo 0,4 micrones.

El filtro debe reemplazarse cuando se torna notablemente descolorido o se ha obstruido lo suficiente para impedir el flujo de aire. Si usted mismo no puede aspirar aire fácilmente a través del filtro, es el momento de cambiarlo.

Cuando ejecuta el RAD7 en áreas en construcción o en sótanos, el polvo puede acumularse rápidamente en las mangueras de muestreo, los tubos de secado y los filtros de entrada. Este polvo lentamente obstruirá el filtro, restringirá el flujo de aire y creará tensión sobre la bomba. Usted deberá reemplazar el filtro de entrada. Para ralentizar enormemente la acumulación de polvo, le recomendamos que adose un "prefiltro" a la entrada de la manguera de muestreo, para impedir que ingresen gruesas partículas de polvo. De esta manera, el filtro de entrada quitará las partículas de polvo ultrafinas que pasan a través del prefiltro y del sistema de secado.

Hemos encontrado que los filtros de gasolina de los automóviles pueden servir como prefiltros convenientes y baratos. Hay un filtro particular, que se fabrica para los Volkswagens, que es una pequeña cápsula descartable de plástico claro, que contiene un filtro de papel plegado. Este filtro

quita con efectividad la mayor parte del polvo de la corriente del aire, extendiendo enormemente la vida del filtro de la entrada. Usted puede comprar este tipo de filtros en casi cualquier local de repuestos para autos por alrededor de \$3.

7.1.6 Baterías

Su RAD7 tiene baterías con suficiente capacidad para funcionar dos o tres días, sin ninguna fuente de alimentación externa. Los circuitos electrónicos controlan la carga y descarga de las baterías, evitando la sobrecarga o la descarga destructiva. Si usted mantiene las baterías de acuerdo con las siguientes instrucciones, puede esperar que estén en servicio durante dos a cinco años, con un funcionamiento intenso.

Mantenga las baterías completamente cargadas tanto como le resulte posible. Trate de recargarlas rápidamente después de usarlas. Las baterías del RAD7 se cargan cada vez que la unidad recibe corriente continua. Con el cable de alimentación enchufado y el RAD7 midiendo radón, las baterías se recargarán lentamente. La recarga completa tarda aproximadamente 48 horas.

Con el cable de alimentación enchufado y el RAD7 en modo de carga rápida (no midiendo radón), las baterías se recargarán más rápidamente. La recarga tarda aproximadamente 24 horas. El indicador de voltaje de las baterías que aparece en la pantalla (vaya a la Ventana 1 de estatus) llegará a entre 7,10 y 7,20 V, cuando las baterías estén completamente cargadas y el cable de alimentación esté todavía enchufado.

Si las baterías están ampliamente descargadas, hasta el umbral de daño de las mismas, un circuito electrónico las desconectará por completo, para evitar una descarga adicional. Entonces el circuito no permitirá el funcionamiento de las baterías hasta que estén completamente recargadas. Si esto ocurre, todavía podrá ejecutar el RAD7 con corriente continua, hasta que las baterías se recarguen. Usted puede considerar que la recarga tardará 48 horas.

Nunca guarde el RAD7 sin antes recargar las baterías. Si quiere guardar el RAD7 durante un período de tiempo largo, debe recargar las baterías al menos cada cuatro meses, dado que pueden dañarse por auto-descarga mientras el instrumento está guardado. Si no recarga las baterías, puede ser necesario reemplazarlas antes de poder usar el instrumento nuevamente.

El voltaje de las baterías puede leerse en la pantalla de estatus, y aparece en los resultados impresos. Unas baterías completamente cargadas reposarán cuando estén a 6,40 a 6,50 V. A medida que las baterías se descargan, su voltaje desciende firmemente hasta 6V. Si en alguna oportunidad el voltaje de las baterías se coloca debajo de 6,00 V, están completamente descargadas y deben cargarse tan rápido como resulte posible. A medida que las baterías se cargan, su voltaje sube firmemente, hasta que supera los 7V. Considere que las baterías están completamente cargadas cuando tienen una carga de 7V o valores superiores.

7.1.7 Memoria no volátil y Reloj en tiempo real

El Reloj en tiempo real (RECTA) y la unidad de Memoria no volátil (NVRAM) le permite al operador del RAD7 apagar la alimentación, sin perder datos o interrumpir la fecha y hora del reloj. Estas funciones están alimentadas por una celda de litio, que tiene una expectativa de vida de diez años.

7.1.8 Impresora y adaptador

Chamjin I&C es el fabricante de la impresora. Viene con su propio manual y usted debe familiarizarse con su funcionamiento. Específicamente, debe estar consciente de que funciona a través de un enlace óptico infrarrojo y debe colocarse sobre el RAD7 para que coincida con el enlace de datos del detector. Funciona con sus propias baterías.

7.2 Rangos de operación

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura	0°C (32°F)	40°C (104°F)
Humedad relativa, externa (No debe tener condensación)	0%	95%
Humedad relativa, interna	0%	10%
Voltaje de las baterías	6.00V	7.20V
Corriente de la bomba (bomba apagada)	0mA	10mA
Corriente de la bomba(bomba encendida)	30mA	90mA
Alto voltaje	2100V	2400V
Ciclo de trabajo de alto voltaje	8%	20%
Corriente de fuga (temperatura ambiente)	0mA	20mA
Corriente de fuga (temperatura máxima)	5mA	80mA
Nivel de voltaje de la señal	0.15V	0.30V

Tabla 7.2 Rangos de operación del RAD7

7.3 *Mantenimiento y reparación*

7.3.1 Calibración

DURRIDGE tiene un establecimiento, que se dedica a la calibración del radón. Este establecimiento tiene una fuente estándar y controlada de gas radón, y una cámara ambiental con temperatura controlada. Toda la calibración y alineación del RAD7 se realiza aquí, así como las pruebas básicas y también se otorga la garantía de calidad. Nosotros determinamos los factores de calibración mediante una comparación con un RAD7 "magistral". Estos factores fueron comparados con instrumentos de la EPA y el DOE, que han participado en inter-comparaciones internacionales con instrumentación para radón. La exactitud de la calibración se verifica independientemente, mediante una determinación directa del nivel de la cámara de radón, a partir de la emisión y la actividad calibrada de la fuente de radón estándar. Además, periódicamente hacemos inter-comparaciones con otras cámaras de radón. Con nuestra calibración estándar del RAD7, generalmente logramos una reproductibilidad superior al 2%. La exactitud global de la calibración está en el rango del 5%.

La EPA recomienda (y nosotros coincidimos) calibrar al menos cada seis meses todos los monitores de radón continuo en una cámara de calibración del radón, aunque la mayoría de los usuarios del RAD7 están satisfechos con una recalibración anual. La calibración estándar del RAD7 de DURRIDGE tarda cuatro a cinco días hábiles desde la recepción del instrumento. Como una introducción a la recalibración, inspeccionamos brevemente cada RAD7, y probamos una o dos piezas vitales. Si se requiere un servicio adicional, éste puede demorar la devolución del instrumento.

Le recomendamos que concerte la calibración con anticipación, para evitar posibles demoras. Cuando envíe su RAD7 para que sea calibrado, por favor envíe solamente el instrumento, sin los accesorios y por favor empáquelo bien, con al menos una pulgada de elementos de embalaje alrededor.

Actualmente, solo DURRIDGE puede realizar ajustes en los factores de calibración y alineación de su instrumento. Si usted determina, en base a

una inter-comparación independiente (por ejemplo, una cámara de calibración), que desearía ajustar la calibración de su RAD7 por una cifra conocida, nosotros generalmente podemos realizar este servicio y enviarle de regreso su instrumento en un día. La solicitud de un ajuste de calibración superior al 10% se considera altamente inusual y necesita un permiso por escrito del dueño del instrumento.

7.3.2 Reparación

Si usted descubre que su RAD7 está funcionando mal, le recomendamos que primero llame a DURRIDGE y hable con un técnico. Una cantidad sorpresiva de "desastres" menores pueden evitarse con una consulta de larga distancia. El próximo paso, si la consulta falla, usualmente es enviarnos su instrumento para que lo evaluemos y lo reparamos. Por favor, envíe toda la documentación del problema que pudiera tener (notas, impresiones, etc.) y una corta nota, describiendo el inconveniente. Asegúrese de colocar su nombre y número de teléfono en la nota. Durante las 48 horas posteriores a la recepción de su instrumento lo llamaremos para darle un pronóstico.

Tenga en cuenta que un instrumento reparado a menudo requiere una recalibración completa, por lo tanto, el plazo de entrega mínimo es de una semana. Si usted necesita perentoriamente el instrumento durante el plazo de reparación, a veces podemos concertar el envío de un instrumento "prestado".

7.3.3 Envío

El RAD7 se le entrega a usted en una bolsa plástica, empacado en una caja con bolitas de poliestireno, y finalmente empacado en otra caja que también contiene todos los accesorios. La caja interna es demasiado pequeña para enviar el RAD7, cuando necesite calibrarlo o repararlo. Usted debe hallar una caja más grande, con espacio para colocar una pulgada de elementos de embalaje alrededor del RAD7. Una caja cúbica de 14" estará bien. Empaque y selle la caja con cuidado.

Por favor, no envíe ningún accesorio, a menos que sean pertinentes al problema.

Todos los envíos a DURRIDGE deben pagarse con antelación, y salvo que nos dé una instrucción diferente, le devolveremos el RAD7 con el mismo método que usted utilizó para enviarnoslo: yendo desde "barco lento", hasta "entrega al día siguiente vía aérea", flete pagadero en destino

7.3.4 Actualizaciones

Cada vez que usted envía su RAD7 para que sea reparado o calibrado, tiene la opción de que le instalemos el más reciente software disponible. La mayoría de los RAD7s también pueden actualizarse con la configuración más nueva de hardware. Le informaremos periódicamente de todas las nuevas funciones que están disponibles para su RAD7. Por favor, háganos saber si quiere que realicemos una actualización. Intentamos hacer felices a los compradores del RAD7, manteniendo sus instrumentos al día y a la vanguardia.

7.4 *Garantía de calidad del RAD7*

Aunque la inspección y la calibración anual que lleva a cabo DURRIDGE Company es la garantía de calidad más efectiva y el requisito principal de la EPA, pueden hacerse otras pruebas y observaciones, que brindarán garantía de un buen desempeño a lo largo del año.

7.4.1 Espectro

Al menos una vez al mes, debe observarse el espectro que proporciona la impresora infrarroja. El espectro acumulativo, que se imprime al final de la serie, contiene la mayoría de los puntos de datos y es, por lo tanto, el espectro más útil para este propósito. Todo lo que se requiere es colocar la impresora en la placa frontal y encenderla, al final de una serie de 1 ó 2 días. No importa cuál formato usted elija, el resumen que se imprimirá al final de la serie concluirá con un espectro acumulativo, luego del gráfico de barras.

Alternativamente, si configura el formato en LARGO, el RAD7 imprimirá un espectro al final de cada ciclo. Sin embargo, este espectro incluirá solo los recuentos de ese ciclo. Para que el espectro sea útil, debe tener al menos 100 recuentos. Debe haber picos claramente definidos y poco o ningún ruido a lo largo del espectro. Los picos deben localizarse en el medio de las ventanas. Un espectro limpio es indicativo de un instrumento en perfectas condiciones de funcionamiento y, por lo tanto, de lecturas exactas y confiables.

7.4.2 Factor de derrame

A causa de la partícula alfa emitida ocasionalmente por un átomo de polonio ubicado en la superficie del detector, con incidencia rasante en la superficie, los picos siempre tienen una cola pequeña, de baja energía. Esto puede observarse en los espectros impresos. Por lo tanto, hay un derrame de los recuentos del 214-Po, desde la Ventana C a la Ventana B. En una producción usual del RAD7, normalmente está alrededor del 1% al 1,5%. El valor real se mide durante el proceso de calibración y se usa el factor de derrame para compensar este fenómeno, cuando se mide el torón en presencia de radón.

Si mientras se usa el detector se contamina, o una falla electrónica o del detector generan ruido en el sistema, engrosando la cola de baja energía, o ensanchando los picos, entonces este factor de derrame se incrementará. El valor puede calcularse a partir de cualquier lectura, siempre y cuando se sepa con certeza que no había torón en la cámara. En los campos 10 y 11 de cada registro de la memoria, se brinda el porcentaje de recuentos de las Ventanas B y C (ver Capítulo 6.3.3). El factor de derrame es simplemente el ratio de los valores de esos dos campos.

Se recomienda observar el factor de derrame todos los meses. Cualquier cambio repentino debe motivar un estudio adicional del instrumento, y un examen del espectro.

8. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

8.1 Pantalla

8.1.1 Pantalla en blanco

Si la unidad está encendida, la causa más probable de una pantalla en blanco son las baterías descargadas. Por favor, ver Capítulo 7.1.6.

Asegúrese de que el RAD7 está adecuadamente enchufado a una fuente de alimentación externa y está encendido.

Si el instrumento se ha hecho funcionar con baterías y éstas no se han recargado, o no se ha tocado el instrumento durante un período prolongado, las baterías pueden estar completamente descargadas. En ese caso, debe dejarse el instrumento enchufado y encendido durante muchas horas, preferentemente 24 horas o más. Si esto no repara la pantalla, el RAD7 deberá remitirse a DURRIDGE Company para su reparación.

8.1.2 Pantalla congelada

Si la pantalla muestra "DURRIDGE RAD7" y no responde a las pulsaciones en el teclado, el teclado numérico se ha bloqueado. Mantenga presionada la tecla ENTER y dos teclas de flecha, hasta escuchar un silbido. Suelte las tres teclas e inmediatamente pulse MENU. A continuación, debería ser recompensado con la aparición de la palabra "Test" en la pantalla. Si el tono se estableció en OFF, no escuchará el silbido. Por lo tanto, mantenga las tres teclas apretadas durante tres o cuatro segundos, luego libérelas y presione MENU. Si al principio no tiene éxito, disminuya o extienda la duración de los períodos de pulsación. Por favor, consulte el párrafo 2.2.6.

8.1.3 Caracteres incompletos o basura

Los caracteres incompletos o basura pueden indicar una pantalla de LCD defectuosa. Por favor, remita el RAD7 a DURRIDGE Company para su reparación.

8.2 Lecturas

8.2.1 No aparecen recuentos

Al pie, en la esquina derecha de la Ventana 1 de estatus, se encuentra la cantidad total de recuentos realizados hasta el momento, en cualquier ciclo. Si está cerca del final del ciclo, y no hay recuentos, o hay menos de 10 recuentos, probablemente significa que la longitud del ciclo es demasiado corta. Aumente la longitud del ciclo para aumentar la cantidad de recuentos de los ciclos y para mejorar la precisión de las lecturas individuales (>Configurar el ciclo, HH.MM [ENTER]).

Si con un ciclo de 1 hora o más, el recuento total cerca del final del ciclo sigue siendo cero y se sabe que hay radón en la muestra, significa que la trayectoria de la muestra está bloqueada o hay una falla en el RAD7 y debe remitirse a DURRIDGE Company. Verifique que esté fluyendo aire, mediante alguna de las siguientes medidas:

- a) Sienta el aire que abandona la salida, cuando la bomba se está ejecutando.
- b) Detenga la salida del RAD7, y sienta la acumulación de presión.
- c) Sujete con una abrazadera la tubería de entrada de la muestra, escuche el cambio del sonido de la bomba (tercera Ventana de estatus).
- d) Sienta la aspiración en el punto de muestreo.

8.2.2 Incertidumbre excesiva en la lectura

Si la incertidumbre de la lectura es superior al valor de concentración básico o si hay una gran dispersión en las lecturas, la longitud del ciclo es demasiado corta para la concentración de radón que se está midiendo.

Aumente la duración del ciclo para reducir la dispersión. Si se multiplica por cuatro la duración del ciclo habrá la mitad de dispersión y la mitad de incertidumbre. Para datos anteriores, use CAPTURE para representar gráficamente los datos y use "Alisamiento" para emparejar la dispersión estadística de los datos.

8.2.3 Serie/ciclo número 0000

Una serie/ciclo con número 0000 indica que la memoria del RAD7 está llena. Descargue los contenidos del RAD7 en un ordenador mediante CAPTURE. Luego borre los datos del RAD7 usando >Borrar todos los datos. Se vaciará la memoria y la estructura de datos volverá a cero.

8.3 *Alta humedad relativa*

La humedad relativa (que se muestra en la tercera Ventana de estatus) normalmente comienza siendo alta, salvo que el instrumento haya sido purgado justo antes de iniciar la serie. Dependiendo de cuánto tiempo haya transcurrido desde la última medición, puede necesitarse una hora o más para disminuir la humedad relativa por debajo del 10%.

Si se tarda mucho en disminuir la humedad relativa, verifique lo siguiente:

- a) Se ha consumido todo el desecante. Reemplácelo.
- b) El desecante se ha renovado insuficientemente. Siga las instrucciones del Capítulo 7.1.1.
- c) Hay una fuga en la unidad de secado. Limpie la junta tórica y el asiento antes de reemplazar el desecante. Asegúrese de extraer la muestra de aire del extremo, más allá de la tapa a rosca.
- d) Hay una fuga en la conexión con el RAD7.
- e) Hay un bloqueo en la trayectoria de aire. Comprima la tubería de entrada y observe si se produce algún cambio en el sonido de la bomba. Observe si hay aspiración en el punto de muestreo.

Si nada de lo anterior es exitoso para disminuir la humedad relativa, puede existir un problema en el sensor de humedad. Mida la humedad relativa del aire que abandona el RAD7. Si no hay un sensor de humedad disponible, será efectivo usar otro RAD7 si hay alguno a mano. Los dos RAD7s pueden conectarse en series. Apague la bomba del RAD7 en favor de la corriente (Configurar, Bomba, Apagar [ENTER]). Si el RAD7 en favor de la corriente tiene una humedad relativa inferior al RAD7 contra corriente, el sensor de humedad contra corriente está equivocado y debe reemplazarse. Remita el RAD7 a DURRIDGE Company para su reparación.

Si ninguna de estas soluciones es aplicable, las mediciones hechas con alta humedad pueden corregirse automáticamente usando CAPTURE. Ver Capítulo 3.12.2

8.4 *Baterías con bajo voltaje*

Mantenga el RAD7 enchufado a alimentación externa y encendido hasta que el voltaje de las baterías (Ventana 3 de estatus) se recupere a aproximadamente 7.1 V. No es riesgoso dejarse al RAD7 cargándose durante toda la noche.

8.5 *Valores patológicos y mensajes de error*

Un mensaje de error, Voltaje con desfase anómalo, un ciclo de trabajo del 100%, o una fuga (L) por arriba de 15 (Ventana 4 de estatus) indican fallas en el RAD7, el cual debe remitirse a DURRIDGE Company sin demora.

Apéndice: Especificaciones del RAD7

Las especificaciones del RAD7 superan las especificaciones de todos los monitores de gas radón que se fabrican en Norte América, al igual que las especificaciones de los monitores de su gama de precio de todo el mundo. Ésta es una lista parcial de especificaciones, que hacen que el RAD7 sea tan respetado en el terreno de acción.

Parte 1 Funcionalidad

Modos de operación	<p>RASTREO Respuesta rápida y veloz recuperación de la medición de radón</p> <p>TORÓN El torón y el radón se miden simultánea e independientemente</p> <p>NORMAL Alta sensibilidad</p> <p>AUTO Conmutación automática de RASTREO a NORMAL, después de tres horas de ejecución</p> <p>CAPTURA Análisis de muestras capturadas</p> <p>WAT Análisis automático de muestras de agua, con el accesorio RAD H2O</p>
Mediciones	<p>Radón en el aire con el Protocolo de rastreo, para una lectura rápida de algunos puntos al azar</p> <p>Protocolo del torón para buscar puntos de entrada del radón</p> <p>Protocolo de radón en el aire, de 1 ó 2 días o semanas, para mediciones de largo plazo</p> <p>Muestras en lote de radón en el agua con el RAD H2O y la Gran botella RAD H2O</p> <p>Radón continuo en el agua con el RAD AQUA y la Sonda para radón en el agua</p> <p>Radón en el gas del suelo, con la sonda para gas del suelo y el DRYSTIK Activo</p> <p>Emisión del radón del suelo y de superficies duras, con cámara de emisión</p> <p>Emisión de radón a granel de objetos y materiales a granel</p>
Almacenamiento de datos	<p>1.000 registros, cada uno con 23 campos de datos</p> <p>Registro de la impresión también almacenado</p>
Bombeo de muestras	<p>Una bomba incorporada extrae las muestras de los puntos de muestreo elegidos</p> <p>La velocidad del flujo típicamente es de 800 mL/min</p>
Impresión	<p>Datos en formato largo, medio o corto, impresos después de cada ciclo</p> <p>Resumen de la serie impreso al final de la serie, incluyendo el promedio y el espectro</p>
Conectividad del ordenador	<p>Puerto en serie RS232, control remoto completo, implementado en el software CAPTURE</p>
Salida de audio	<p>GEIGER Suena un tono para los recuentos de radón y torón</p> <p>CARILLÓN Un carillón al final de cada uno de los ciclos, caso contrario está en silencio</p> <p>APAGADO Sin sonido</p>
Resistencia a la adulteración	<p>El comando TEST LOCK bloquea el teclado, para protegerse contra la adulteración</p>

Appendix

Parte 2 Especificaciones técnicas

Principio de operación	<p>Recolección electrostática de emisores de partículas alfa, con análisis de espectros Detector de silicio de ion planar implantado pasivado El modo RASTREO contabiliza las desintegraciones de polonio 218</p> <p>Recolección electrostática de emisores de partículas alfa, con análisis de espectros Detector de silicio de ion planar implantado pasivado El modo RASTREO contabiliza las desintegraciones de polonio 218 El modo NORMAL contabiliza las desintegraciones de polonio 214 y de polonio 218</p>
Bomba de aire incorporada	<p>La velocidad del flujo nominal de 1 litro/minuto Conectores Luer de salida y entrada</p>
Conectividad	<p>Puerto RS-232 con una velocidad de hasta 19.200 baudios Se incluye un adaptador USB con cada RAD7</p>
Exactitud de la medición	Precisión absoluta de +/-5%, humedad relativa de 0% - 100%
Sensibilidad nominal	<p>Modo RASTREO, 0,25 cpm/(pCi/L), 0,0067 cpm/(Bq/m3) Modo NORMAL, 0,5 cpm/(pCi/L), 0,013 cpm/(Bq/m3)</p>
Rango de concentración de radón	0,01 - 20.000 pCi/L (0,4 - 750.000 Bq/m3)
Radiación de fondo intrínseca	0,005 pCi/L (0,2 Bq/m3) o menos, para la vida del instrumento
Plazo de recuperación	La actividad residual en el modo Rastreo cae por un factor de 1.000 en 30 minutos
Rangos de operación	<p>Temperatura: 32° - 113°F (0° - 45° C) Humedad: 0% - 100%, sin condensación</p>
Rango del ciclo	<p>Cantidad de ciclos controlable por el usuario, de 1 a 99 a ciclos ilimitados, por serie Duración del ciclo controlable por el usuario, desde 2 minutos a 24 horas</p>
Software CAPTURE	<p>Compatible con Microsoft Windows XP y 7, y Mac OS X Descarga de datos, conexión y ubicación automática del RAD7 Representación gráfica del radón, del torón, de la temperatura y de la humedad a través del tiempo Corrección automática de la humedad Herramientas de análisis estadístico rastrean las incertidumbres y los promedios de la concentración El modo Registrador gráfico brinda un monitoreo del estatus del RAD7 en tiempo real Control de las operaciones del RAD7 desde el ordenador, a través de una conexión remota o directa Cálculo y exhibición automática del radón en agua para el RAD AQUA Combinación automática de múltiples datos del RAD7</p>

Appendix

Parte 3 Especificaciones físicas

Dimensiones	11,5" x 8,5" x 11" (29,5 cm x 21,5 cm x 27,9 cm)
Peso	9,6 libras (4,35 kg)
Salida de la pantalla de LCD	2 líneas x 16 caracteres, exhibición alfanumérica
Material de la caja	High density polyethylene
Impresora infrarroja	Impresora Chamjin NewHandy 700 inalámbrica infrarroja incluida
Suministro de energía	11-15 V Corriente continua (12 V nominal) @ 1,25 A, terminal central positivo, o baterías internas recargables (5 Ah) Entrada de corriente alterna opcional para clientes que no pertenezcan a la CE
Longevidad de las baterías	24 horas en modo RASTREO; 72 horas en modo Monitor