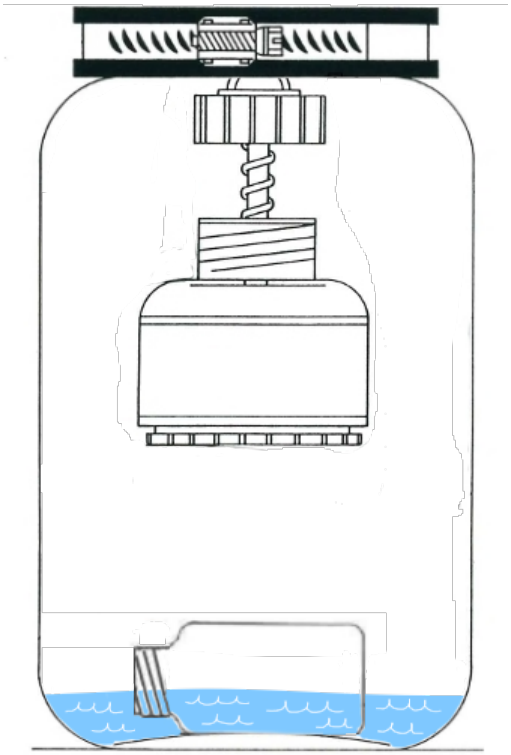
RADELEC



Manual de Usuario de Radón en el Agua

Versión 3.3
1 de agosto de 2026

Tabla de Contenidos

Introducción....3
Componentes del Kit de Prueba....3
Diagrama de Medición de Radón en el Agua....4
Fuentes de Radón en el Agua....5
Riesgos del Radón en el Agua....6
Recomendaciones de la USEPA....7
Método E-PERM® para Medir el Radón en el Agua....9
Recolección de una Muestra de Agua con Radón....10
    Uso de Viales de Volumen Grande (~123 mL)....10
Procedimiento para Recolectar Muestras de Agua....11
Ejecución del Análisis de Radón en el Agua....12
Cálculo de Resultados....14
Administrador de Informes de Radón....19
Ejemplo del Informe de una Prueba....20
Tabla del Fondo Gamma....21
Epílogo....22

Introducción

Aunque el riesgo de desarrollar cáncer debido a la ingesta de radón en el agua, apta para el consumo humano, es relativamente bajo, las concentraciones de radón en el aire pueden incrementarse debido a la presencia de radón en el agua.

Una concentración alta de radón en el agua puede elevar la concentración de radón en el aire.

El versátil sistema E-PERM® y el kit de prueba de radón en el agua permiten al profesional de radón contar con toda la equipación necesaria para realizar medidas de concentración de radón en el agua. Es indispensable poseer conocimiento básico del sistema E-PERM® para realizar medidas óptimas de concentración de radón en el agua.

Para el uso del kit de prueba de radón en el agua, las muestras de agua obtenidas con los viales que incluye el kit deben ser expuestas a los E-PERM® que se colocarán suspendidos dentro de los frascos herméticos de medición. En este proceso, se obtiene la concentración de radón en el aire, la cual permite determinar la concentración inicial de radón en el agua.

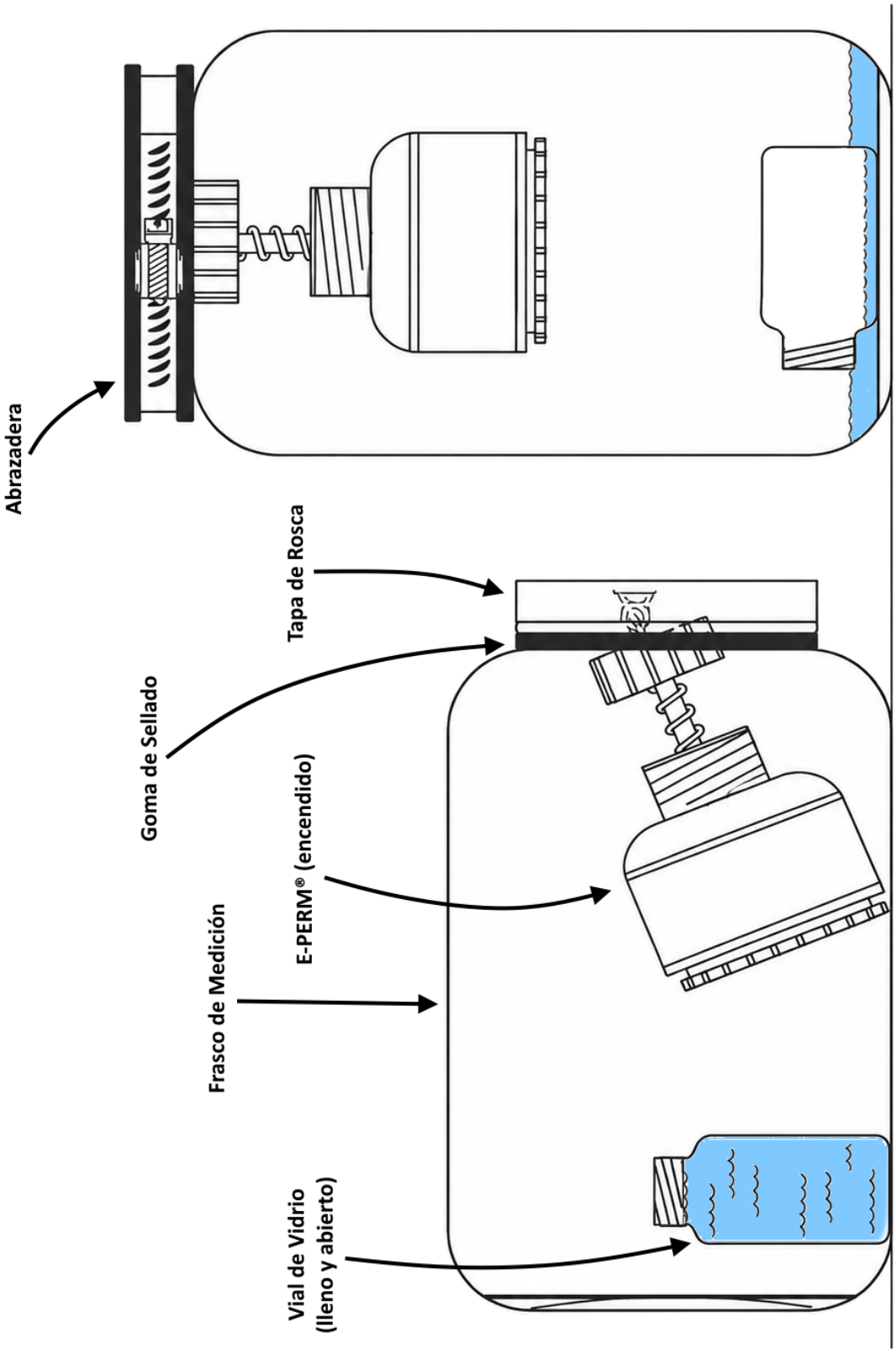
Componentes del Kit de Prueba

Cada kit de prueba de radón en el agua E-PERM® incluye lo siguiente:

- **2 Frascos de medición** (4,044 Litros)
- **2 Tapas para los frascos de medición** (Si es necesario, se puede solicitar reemplazo de muestras a Rad Elec)
- **2 Abrazaderas metálicas para frascos con sus respectivas gomas de sellado**
- **10 Viales para recolectar muestras** (pequeños, grandes o ambas)
- **Manual**
- **USB** (contiene archivos en excel, documentos en PDF y otros documentos digitales de gran importancia)

Es necesario tener conocimiento básico del funcionamiento de los sistemas E-PERM® para realizar con éxito pruebas de radón en el agua usando este kit.

Diagrama de Medición de Radón en el Agua



Fuentes de Radón en el Agua

El radón es un gas radioactivo natural que se encuentra en el subsuelo y, por lo tanto, debajo de las viviendas. Cuando el gas radón entra en contacto con las aguas subterráneas (normalmente en acuíferos), un porcentaje de este gas puede disolverse en el agua. El agua subterránea que se encuentra en los acuíferos es extraída mediante pozos y luego llega a las viviendas mediante diferentes medios. Se sabe que el agua que proviene de los pozos contiene niveles muy altos de concentración de radón en comparación con la que proviene de ríos, lagos o reservorios, ya que en estos el gas radón se libera al aire exterior debido a la aireación superficial del agua.

Normalmente, altas concentraciones de radón en el agua se encuentran en los pozos privados.

Los pozos privados son usados como suministros de agua doméstica para un gran número de viviendas unifamiliares a lo largo de todo el país (EUA). Además, estos pozos pueden suministrar agua a pequeñas y grandes comunidades; sin embargo, esta fuente de agua se distribuye después de un proceso requerido, el cual toma tiempo, puede estar relacionado con la aireación y permite que el radón en el agua decaiga. Asimismo, la concentración de radón en el agua potable que proviene del sistema de tuberías proporcionada por diferentes empresas estatales o privadas es mucho menor que la del agua procedente de los pozos privados. En términos generales, dicha agua potable presenta concentraciones bajas, con valores promedio en torno a 11,1 Bq/L (300 pCi/L), aunque existen excepciones.

En cambio, la concentración de radón en pozos privados puede variar desde varios cientos hasta muchos miles de pCi/L. En algunas regiones geográficas, según la geología local, la concentración de radón puede alcanzar valores extremadamente altos. Como información adicional, se estima que una concentración de radón en el agua de 370 Bq/L (10 000 pCi/L) puede incrementar la concentración de radón en el aire hasta 0,037 Bq/L (1,0 pCi/L). La principal preocupación sanitaria asociada al radón en el agua es la cantidad adicional de radón que se libera al aire.

Riesgos del Radón en el Agua

El riesgo de desarrollar cáncer debido a la ingesta de agua es relativamente bajo; sin embargo, cuando el radón en el agua se libera dentro del entorno doméstico por el uso de algunos electrodomésticos e instalaciones de baño y/o cocina, los niveles de concentración de radón suelen incrementar sustancialmente. Las viviendas que reciben agua directamente de los pozos privados son las más afectadas (esto dependerá del uso del agua de cada vivienda), ya que por cada 10 000 pCi/L de concentración de radón que se encuentra en los suministros de agua, puede aportar aproximadamente 1,0 pCi/L a la concentración de radón del aire interior. Aunque la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) no ha declarado un nivel de acción para el radón en el agua, la norma ANSI-AARST MW-RN 2020 (publicada en 2020 y disponible online) **recomienda un nivel de acción de 4 000 pCi/L (148 Bq/L)**. Si la concentración de radón en el agua alcanza o excede este nivel de acción, se debería aplicar un método de remediación.

El nivel de acción recomendado para el radón en el agua es de **4 000 pCi/L (148 Bq/L)**.

La Academia Nacional de Ciencias (NAS, por sus siglas en inglés) publicó un reporte sobre la evaluación del riesgo que puede ocasionar el radón en el agua de consumo ("Risk Assessment of Radon in Drinking Water") el 15 de septiembre de 1998. Aunque este reporte tiene más de dos décadas, contiene una recopilación completa de datos científicos sobre el radón en el agua de consumo. Los aspectos más resaltantes de este reporte se pueden encontrar en la página web de Rad Elec (en la sección de Publicaciones).

El reporte de la NAS establece que cada año algunas muertes por cáncer resultan de la exposición al radón que proviene del agua. El principal riesgo para la salud del radón en el agua de consumo es el cáncer pulmonar, el cual es debido a la inhalación del radón liberado del agua utilizada en las viviendas. A pesar de que este es un riesgo relativamente pequeño comparado con el de inhalar el radón en un ambiente interior, existe cierto riesgo de cáncer de estómago por beber agua de consumo contaminada con radón. El gas radón ingresa al ambiente interior de la vivienda a través del uso normal del agua (como ducharse, lavar ropa, cocinar, bañarse, etc.) y se libera una mayor cantidad de radón cuando el agua está caliente. Adicionalmente, cuando se introduce en la vivienda agua que contiene radón, este gas puede liberarse dentro de la vivienda (aunque se estima que solo entre el 1 %

y el 2 % del total de radón encontrado en el ambiente interior de las viviendas proviene de la liberación del radón contenido en el agua de consumo).

La NAS recomienda que el Nivel Máximo Alternativo de Contaminante (AMCL, por sus siglas en inglés) se establezca en un nivel que "resulte en una contribución del radón que proviene del agua de consumo a niveles de radón en interiores equivalente al promedio nacional en ambientes exteriores". En otras palabras, un AMCL (según la proporción de 10 000:1) de 4 000 pCi/L conlleva un incremento de concentración de radón en ambientes interiores de aproximadamente 0,4 pCi/L.

Recomendaciones de la USEPA

La USEPA propuso regulaciones para reducir los riesgos en la salud pública al limitar la exposición del radón en 1999. Bajo esta propuesta, los Estados, que conforman Estados Unidos, desarrollaron individualmente un Programa de Mitigación Multimedia (MMP) que permite reducir la exposición de radón, principalmente en ambientes interiores, de la misma manera reduciendo el radón en el agua de consumo a 4 000 pCi/L o menos. Si un Estado no desarrolló ningún MMP, el Municipio encargado de ese Estado es responsable de reducir los niveles de radón en agua de consumo a 4 000 pCi/L o menos. Las regulaciones recomendadas por la USEPA para el radón en el agua solo se aplican a suministros públicos de agua y no a pozos privados.

El análisis de las muestras de agua, para determinar la concentración de radón en el agua de consumo, es una herramienta útil para diagnosticar la causa de las altas concentraciones de radón en los ambientes interiores de las viviendas. El análisis de radón en el agua puede usarse para confirmar o descartar que la presencia de radón en el agua sea la causa de niveles elevados de radón en los ambientes interiores.

Si se determina que el radón del agua causa las concentraciones elevadas en el aire interior es posible que la mitigación del problema incluya el tratamiento del suministro de agua (como los pozos) para eliminar la presencia de radón. El método más efectivo de reducción de radón en el agua es el de punto de entrada, el cual elimina el radón justo antes de ingresar a la vivienda por medio de las cañerías. Hay dos tipos principales de dispositivos que se usan para dicho método que eliminan el

radón en el agua:

- Filtros de Carbón Activado Granulado (GAC) que utilizan carbón activado para remover o absorber el radón presente en el agua.
- Dispositivos de aireación, los cuales hacen burbujear el agua y extraen el radón hacia el exterior mediante un extractor.

Si se observa que las concentraciones de radón en interiores son bajas, no es necesario realizar mediciones de radón en el agua.

Método E-PERM® para Medir el Radón en el Agua

Para realizar mediciones de radón en el agua es necesario que el profesional encargado tenga conocimiento básico en el uso del sistema E-PERM® y, por lo tanto, ser capaz de realizar mediciones de radón en aire. El primer paso, el cual es de vital importancia para realizar medidas óptimas y precisas de radón en el agua, es la recolección de las muestras de agua en los viales pequeños ~66 mL o los más grandes ~123 mL. Este proceso se explicará con mayor detalle más adelante. Cuando la prueba esté lista para empezar, cada vial se colocará en el fondo de los frascos de medición. Luego se colocará un E-PERM® en cada uno de los frascos de medición, suspendidos en la parte interior superior del frasco sobre la muestra de agua. Las tapas de los frascos son cerradas y selladas para conservar la hermeticidad. El radón alcanza el equilibrio entre el agua y el aire; el E-PERM® mide la concentración de radón resultante en el aire. Al final del período de exposición deseado, los frascos de medición son abiertos y se retiran los sistemas E-PERM® de cada uno. La información obtenida en el proceso de la prueba (como el tiempo de recolección de la muestra, el voltaje inicial/final de los electretos y el tiempo inicial/final del período de exposición) se ingresa en el archivo de excel "Rad Elec Radon in Water" o en el programa "Radon Report Manager" para calcular la concentración de radón en el agua.

Los sistemas E-PERM® son ampliamente usados como detectores pasivos de radón en interiores y no se ven afectados por una humedad relativa del 100%. Por lo tanto, debido a esta característica, es posible realizar mediciones de radón en agua usando cámaras de iones con electreto. El Dr. Kotrappa y W. Jester describen en detalle las bases de este análisis publicado en el siguiente artículo, el cual puede encontrarse en la página oficial de Rad Elec (www.radelec.com):

P. Kotrappa and W.A. Jester. "Electret Ion Chamber Radon Monitors Measure Dissolved ^{222}Rn in Water." *Health Physics* 64:397-405 (1993).

Recolección de una Muestra de Agua con Radón

El proceso de análisis y muestreo debe realizarse cuidadosamente para minimizar la pérdida del radón durante la recolección y transporte. Se debe reducir al mínimo el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y el análisis de esta para minimizar errores en la medición. El análisis de la muestra debe iniciarse lo antes posible después de recibir la muestra en el laboratorio. Para garantizar resultados precisos y óptimos, no debe transcurrir más de 2 o 3 días entre la recolección y el inicio del análisis. Esto solo se aplica si la muestra de agua es enviada por correo o si el destino final es muy lejano.

Si la muestra de agua es recolectada de un pozo privado, es recomendable usar un vial pequeño ~66 mL. Debe recolectar 3 muestras del suministro de agua al mismo tiempo. Dos de las tres muestras se usarán en el análisis de la medición de radón en el agua, pero la tercera muestra solo se usará si es necesario repetir el análisis o prueba, o si se descubre que una de las muestras originales se recolectó incorrectamente (por ejemplo, si tiene una gran burbuja de aire, etc.).

Uso de Viales de Volumen Grande (~123 mL)

Si se cree que la concentración de radón en el agua resultará en un valor muy bajo, como sucede en el agua de consumo que proviene del sistema de tuberías proporcionada por diferentes empresas estatales o privadas, cuyas concentraciones suelen ser menores a 300 pCi/L. En este caso, se debe realizar la prueba usando los viales grandes ~123 mL y exponerlos durante un período de 48 horas para obtener resultados óptimos y de gran precisión.

Rad Elec recomienda recolectar tres muestras de agua de la misma fuente. Esto permitirá tener una muestra extra, en el caso de que se necesite repetir el análisis.

Si tiene un indicio de que la concentración de radón en el agua es baja (por ejemplo, si proviene de suministros públicos), Rad Elec recomienda usar los viales grandes y extender el período de análisis a 48 horas.

Procedimiento para Recolectar Muestras de Agua

1. Elija el grifo más cercano al punto de entrada que suministra agua a la vivienda. Si el grifo tiene un aireador instalado, retírelo o elija otro grifo. Lo mejor es obtener una muestra de agua lo más cercana a la fuente del pozo; por lo general, una llave en la parte externa de la vivienda (si hay disponibilidad) se considera una buena opción.

2. Si es posible, conecte una tubería o una manguera al grifo y coloque el otro extremo en un recipiente. Esto es indispensable para limitar la exposición del agua al aire en el trayecto del grifo al recipiente, ya que el radón puede escapar fácilmente del agua por aireación o agitación.

3. Deje correr el agua fría de 10 a 20 minutos, a un flujo medio, para asegurarse de que la muestra de agua proviene del pozo o del suministro principal y no de las tuberías o tanques de agua. Debería haber una disminución de temperatura del agua al realizar este proceso. El recipiente del paso anterior se llenará de agua hasta que rebose.

¡La técnica de recolección de la muestra de agua es muy importante! Asegúrese de no tener burbujas de aire en los viales.

4. Abra y sumerja suavemente los viales con sus respectivas tapas hasta el fondo del recipiente, tratando de no agitar el agua. Asegúrese de que no haya burbujas de aire atrapadas en los viales o en sus tapas. Esto es de suma importancia, ya que cualquier burbuja de aire influirá en la obtención de resultados sesgados.

5. Enrosque bien las tapas de los viales mientras aún se encuentran sumergidos, debe tener cuidado de no generar agitación en ese proceso y, además, tener especial cuidado con atrapar burbujas de aire dentro de los viales.

6. Embale los viales con mucho cuidado y llévelos al laboratorio o lugar de análisis. Mantenga el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis lo más corto posible para minimizar errores de medición. El análisis debe iniciarse lo antes posible.

Ejecución del Análisis de Radón en el Agua

El siguiente procedimiento debe realizarse lo antes posible después de la recolección de las muestras de agua. Las mediciones de concentración de radón en el agua deben realizarse en un ambiente con bajo fondo de radón, como los pisos superiores de un edificio o en el exterior, para minimizar el radón residual en los frascos de medición.

1. Inmediatamente antes del inicio de la medición, prepare los sistemas E-PERM® midiendo el voltaje inicial (IV) de los electretos, luego enrósquelos en las cámaras S de forma segura. Desenrosque la parte superior de las cámaras S, de modo que la cámara de iones con electreto esté en la posición "ON".

2. Coloque el frasco de medición en posición horizontal. Asegúrese de que la tapa, la abrazadera metálica y un destornillador estén a la mano.

Las configuraciones E-PERM® válidas para el análisis de radón en el agua son los SST (electretos para mediciones cortas en cámaras S) o los SLT (electretos para mediciones largas en cámaras S).

3. Mientras el frasco esté en posición horizontal, abra suavemente la tapa del vial (con la muestra de agua recolectada). Inserte el vial abierto hasta el fondo del frasco de medición en el clip (ver Posición 1 del Diagrama de Medición, página 4).

4. Cuelgue el E-PERM® abierto en el gancho de la tapa de cada frasco de medición y luego cierre el frasco con la tapa. Coloque cuidadosamente el frasco de medición en posición vertical, lo que permitirá que el agua del vial se derrame dentro del frasco. No importa si queda algo de agua en el vial (ver Posición 2, página 4). Apriete rápidamente la tapa del frasco para evitar fugas.

5. Instale la goma de sellado alrededor de la tapa del frasco con la parte más delgada al ras de la tapa del frasco y el lado más grueso más cerca del frasco. Asegure la abrazadera alrededor de la goma de sellado con el uso de un destornillador, mientras mantiene el frasco en la posición vertical (ver Posición 2, página 4).

6 Registre la fecha y hora de inicio del período de análisis.

7 Agite el frasco muy suavemente (mueva solo el agua, asegúrese de no quebrar el vial con el frasco) para acelerar la liberación del radón dentro del frasco. Guarde el frasco en posición vertical en una ubicación que no perturbe el período de exposición (1 a 2 días). **No** se recomienda realizar períodos de exposición menores a 24 horas.

8 Luego de que finalice el período de exposición deseado, afloje la abrazadera y retírela completamente. Desenrosque la tapa del frasco y retire el sistema E-PERM®.

9 Registre la fecha y hora de retiro, que marcan el final del período de análisis. Cierre el E-PERM®, de esta manera el proceso de ionización se detendrá dentro de la cámara de iones con electreto.

Los Electretos que tengan un voltaje **menor** a 100 voltios no se deben usar para una próxima medición.

10 Cuando esté listo para estimar la concentración de radón en el agua, remueva los electretos de cada cámara de iones y registre sus **voltajes finales**. Usando el archivo de excel "Radon in Water" o el programa "Radon Report Manager", ingrese las variables recopiladas a lo largo de los períodos de recolección y análisis para calcular la concentración de radón en el agua.

11 Retire el vial y deseche la muestra de agua del vial y del frasco de medición. Enjuáguelos con agua que tenga bajo contenido de radón y déjelos secar.

Los E-PERM® pueden reutilizarse para una próxima medición luego de 3 horas como mínimo para permitir que la progenie del radón decaiga dentro de la cámara de iones.

Si la concentración de radón en el agua es relativamente alta, enjuague los viales y frascos con agua de grifo o con agua hervida.

Cálculo de Resultados

La concentración de radón en el agua se calcula usando los archivos de excel, los cuales se encuentran en el USB del kit, o dentro del programa "Radon Report Manager". Ambos métodos calculan las concentraciones en unidades **US** (pCi/L, pies, µR/h) o **SI** (Bq/L, metros, nGy/h).

Esta sección muestra cómo calcular los resultados manualmente. Si prefiere usar los archivos excel o el programa, puede omitir esta sección (a menos que tenga curiosidad de saber cómo se procesan los resultados).

1 Asegúrese de haber recopilado todas las variables necesarias.

Variable	Explicación
Ubicación de Recolección de la Muestra de Agua	Como "grifo exterior" o "fregadero de cocina"
Fecha y Hora de Recolección de la Muestra de Agua	Registre la fecha y hora tan pronto como selle el vial.
Volumen de la Muestra de Agua	Vial pequeño ~66 mL o vial grande ~123 mL.
Fecha y Hora de Inicio del Período de Análisis	El período comienza cuando el frasco es sellado con la muestra de agua y la cámara de iones con electreto en su interior.
Fecha y Hora de Finalización del Período de Análisis	El período de análisis finaliza inmediatamente después de abrir el frasco y cerrar la cámara de iones con electreto.
Fondo Gamma	Registre el fondo gamma en el lugar donde realizó el análisis de la medición, **no de donde recolectó la muestra de agua.** Los valores medios del fondo gamma para los Estados Unidos y Canadá pueden encontrarse al final de este manual.
Altitud	Registre la altitud (en pies o metros sobre el nivel del mar) donde se realizó el análisis de medición, **no de donde recolectó la muestra de agua.**
Temperatura Promedio del Agua	Registre la temperatura del agua a lo largo del período del análisis, la cual puede suponerse que es la temperatura del lugar donde se realizó el análisis. **Este valor no es la temperatura de la muestra de agua al ser recolectada.**
Configuración del Sistema E-PERM®	Los dos sistemas E-PERM® para realizar mediciones de radón en agua son los SST o los SLT.
Voltaje de Electretos	El voltaje inicial (IV) y el voltaje final (IF) serán necesarios para el cálculo de la concentración de radón en el agua.

2 Ubique las constantes (A, B y G) para la configuración específica de los sistemas E-PERM®, como se muestra en la siguiente tabla. La configuración SST (electretos para mediciones cortas en cámaras S) funciona adecuadamente para medición de la concentración de radón en el agua. Si espera que la concentración de radón en el agua sea relativamente alta, debe elegir la configuración SLT (electretos para mediciones largas en cámaras S).

Configuraciones E-PERM®	Constante A	Constante B	Constante G
SST	0,314473	0,260619	0,087
SLT	0,031243	0,021880	0,087

3 Calcule el Factor de Calibración de la cámara de iones con electreto (EIC CF) usando las constantes A y B del paso 2 en la siguiente ecuación:

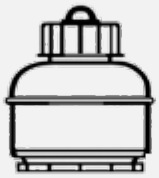
$$\text{EIC CF} = A + \left(B \times \ln\left(\frac{IV + FV}{2}\right)\right)$$

Donde...

A = Constante A
B = Constante B
ln = Logaritmo Natural ($\log_e$)
IV = Voltaje Inicial
FV = Voltaje Final

4 Anote la altitud del sitio de exposición en metros y calcule el Factor de Corrección de Altitud (ElevCF). Si la altitud está expresada en pies, conviértala a metros dividiéndola por 3,28084.

Cámara S



Para Altitudes <= 1219 metros

ElevCF = 1

Para Altitudes > 1219 metros

$$\text{ElevCF} = 0{,}79 + \left(\frac{6 \times 3{,}28084 \times \text{Altitud (metros)})}{100000}\right)$$

5 Estime o mida la radiación ambiental de fondo del sitio de exposición. Las unidades del fondo gamma deben estar en µR/h (microroentgens por hora). Si está realizando la medida del fondo gamma en nGy/h (nanograys por hora), puede hacer la conversión a µR/h dividiéndolo por 8,7. Por otro lado, puede consultar la tabla de niveles promedios de radiación gamma para cada Estado de Estados Unidos y Provincias o Territorios de Canadá que se encuentra en la parte final de este manual.

El sitio de exposición es donde se realiza el análisis de la medición, **no de donde se recolecta la muestra de agua.**

6 Calcule el **período de análisis (TA)** entre el inicio y el final de la exposición. El período de análisis inicia cuando abre y coloca las cámaras de iones con electreto en el frasco y dicho período finaliza cuando las cierra. Este valor debe estar en días tomando la parte decimal hasta las milésimas. Por ejemplo, un período de análisis de 76 horas serían 3,167 días (76 ÷ 24 = 3,167).

Los Pasos del 1 al 7 permiten calcular la concentración de radón en el aire, como se muestra en el manual de usuario de E-PERM®

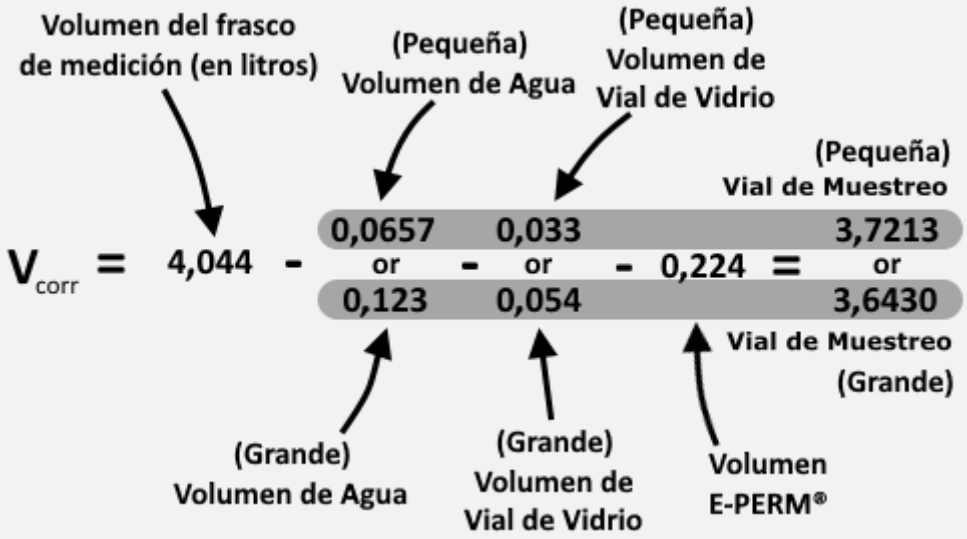
7 Calcule la **concentración de radón en el aire** usando los valores que ha determinado en los Pasos del 1 al 6. Los resultados estarán en las unidades de picocuries por litro (pCi/L), aunque puede realizar la conversión de las unidades al sistema SI al final. Este cálculo está definido en unidades US — razón por la cual el Paso 5 solicita el fondo gamma en µR/h — dado que la constante G está expresada en esas unidades. Este valor representa la concentración de radón dentro del frasco durante el período de análisis. Con este resultado se puede calcular la concentración de radón en el agua.

8 Determine el **tiempo transcurrido (TD)** entre la fecha/hora de recolección de la muestra hasta el inicio del período de análisis. Este valor debe estar en días, así como en el Paso 6. Por ejemplo, un retraso de tres horas corresponde a 0,125 días (3 ÷ 24 = 0,125).

9 Usando el **tiempo transcurrido** que obtuvo en el Paso 8, determine la constante C1 usando la ecuación indicada abajo, donde el valor 0,1814 representa la constante de decaimiento de radón en días^{-1} y *e* representa la constante exponencial (aproximadamente 2,718).

$$\textbf{Constante C1} = e^{0{,}1814 \times TD}$$

10 Calcule el **volumen de aire corregido (V_{corr})** usando la ecuación indicada abajo. El volumen total del frasco de medición es 4,044 litros, pero se debe tener en cuenta la cantidad de aire desplazada debido al sistema E-PERM®, la muestra de agua y el vial. Mientras esté usando los viales de agua oficiales de Rad Elec, el volumen de aire corregido será:



11 Calcule el **Coeficiente de Ostwald (L)** que representa la solubilidad del radón en el agua en función de su temperatura. Registre la temperatura promedio de la muestra de agua durante el período de análisis, el cual se puede suponer como la temperatura del lugar donde el análisis se realizó (normalmente entre 18 y 21 °C). Asegúrese de usar grados Celsius al momento de calcular el Coeficiente de Ostwald.

$$L = 0{,}105 + 0{,}405\, e^{(-0{,}0502 \times {}^{\circ}C_{H_2O})}$$

12 Usando el **período de análisis (TA)**, **volumen corregido (V_{corr})** y el **Coeficiente de Ostwald (L)**, estamos listos para calcular la Constante C2 usando la siguiente ecuación, donde V_{H2O} es 0,0657 para el vial pequeño y 0,123 para el vial grande.

$$C2 = \frac{\left(\frac{V_{corr}}{V_{H_2O}} + L\right) \times 0{,}1814 \times TA}{1 - e^{(-0{,}1814 \times TA)}}$$

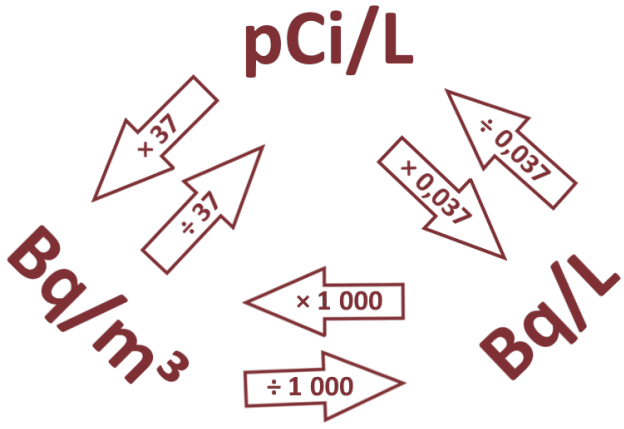
13 ¡Ya casi termina! Para calcular la concentración de radón en el agua, resuelva la siguiente ecuación usando las Constantes C1 y C2 y la concentración de radón en el aire dentro del frasco de medición **(RnC_{air})**. La ecuación incluye además el factor 1,15.

$$\text{Concentración de radón en el agua} = RnC_{air} \times C1 \times C2 \times 1{,}15$$

14 Repita los Pasos desde el 1 al 13 para repetir el análisis con el tercer vial o para realizar un nuevo análisis.

La concentración de radón en el agua se obtendrá en picocuries por litro (pCi/L). Para convertir el resultado a becquerels por litro (Bq/L), multiplique el resultado por 0,037.

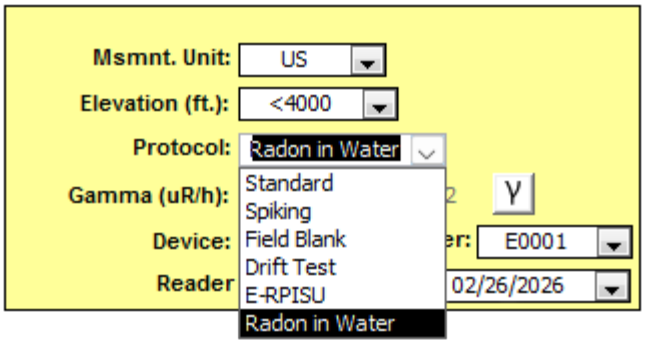
Guía de conversión de unidades



1 pCi/L = 37 Bq/m³ = 0,037 Bq/L

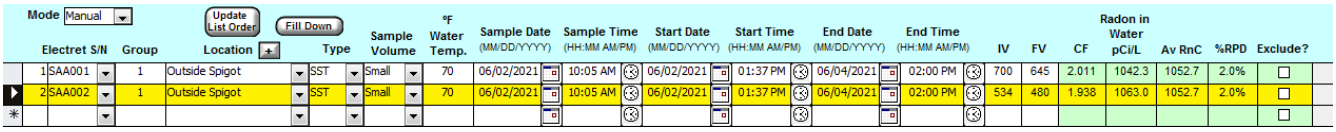
Administrador de Informes de Radón

Para realizar el cálculo del radón en el agua con el programa "Radon Report Manager", cree un nuevo registro y seleccione "Radon in Water" en el menú desplegable "Protocol" (ubicado en la sección amarilla "Required Information" de la ventana del "Record Database"). En casi todos los demás aspectos, este proceso se asemeja a la entrada de datos del radón en el aire, pero tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

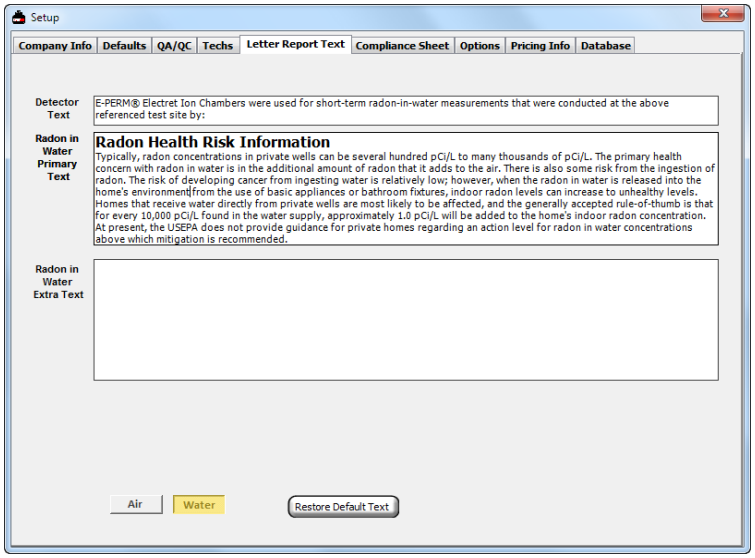


- Tamaño del Vial (pequeño o grande)
- Fecha de Recolección de la Muestra
- Tiempo de Recolección de la Muestra
- Temperatura del Agua

La temperatura del agua representa la temperatura promedio del agua a lo largo del período de análisis, y puede suponerse que es la temperatura del lugar donde se realizó el análisis.



El informe para una medición de radón en el agua es distinto del de medición de radón en el aire, por lo que es posible personalizarlo para que se ajuste a sus necesidades. Para editar el informe, haga clic en el botón "Setup" que se encuentra en el menú principal, luego diríjase a la pestaña "Letter Report Text". Haga clic en el botón "Water" que se encuentra en la parte inferior para que pueda realizar la edición del informe de radón en el agua.



Ejemplo del Informe de una Prueba

ABC Radon Testing Company

123 Main Street
Frederick, MD 21704
(555) 555-1234
info@abcradon.com

Radon in Water Test Report

Batch #: 060421-1

Customer:
Random Customer
555 Bismuth Blvd.
Frederick MD 21704

Test Site:
Random Customer
555 Bismuth Blvd.
Frederick MD 21704

E-PERM® Electret Ion Chambers were used for short-term radon-in-water measurements that were conducted at the above referenced test site by: New Company

The Results are as follows:

Serial No.	Type	Location	Sample Collection	Test Start Date	Test End Date	Results (pCi/L)
SAA001	SST	Outside Spigot	02-Jun-2021 10:05 AM	02-Jun-2021 01:37 PM	04-Jun-2021 02:00 PM	1042.3
SAA002	SST	Outside Spigot	02-Jun-2021 10:05 AM	02-Jun-2021 01:37 PM	04-Jun-2021 02:00 PM	1063.0

Average Radon in Water Concentration in: Outside Spigot **1052.7 pCi/L**

Sample Collected By: Joe Tech #123456789
Analyzed By: Joe Tech #123456789
Reader S/N: E0001 **Reader Calibration Due:** 02-Jun-2022

Radon Health Risk Information

Typically, radon concentrations in private wells can be several hundred pCi/L to many thousands of pCi/L. The primary health concern with radon in water is in the additional amount of radon that it adds to the air. There is also some risk from the ingestion of radon. The risk of developing cancer from ingesting water is relatively low; however, when the radon in water is released into the home's environment from the use of basic appliances or bathroom fixtures, indoor radon levels can increase to unhealthy levels. Homes that receive water directly from private wells are most likely to be affected, and the generally accepted rule-of-thumb is that for every 10,000 pCi/L found in the water supply, approximately 1.0 pCi/L will be added to the home's indoor radon concentration. At present, the USEPA does not provide guidance for private homes regarding an action level for radon in water concentrations above which mitigation is recommended.

Signature: Sample Signature **Date:** 04-Jun-2021

Tabla del Fondo Gamma

Estado	µR/h	nGy/h		Estado	µR/h	nGy/h
Alabama	**6,5**	56,6		Montana	**8,6**	74,8
Alaska	**7,3**	63,5		Nebraska	**7,7**	67,0
Arizona	**8,0**	69,6		Nevada	**7,6**	66,1
Arkansas	**6,5**	56,6		New Hampshire	**7,4**	64,4
California	**6,6**	57,4		New Jersey	**7,1**	61,8
Colorado	**11,8**	102,7		New Mexico	**10,4**	90,5
Connecticut	**7,8**	67,9		New York	**7,3**	63,5
Delaware	**6,1**	53,1		North Carolina	**6,9**	60,0
District of Columbia	**6,4**	55,7		North Dakota	**7,8**	67,9
Florida	**5,3**	46,1		Ohio	**7,3**	63,5
Georgia	**7,0**	60,9		Oklahoma	**7,6**	66,1
Hawaii	**7,3**	63,5		Oregon	**7,4**	64,4
Idaho	**8,7**	75,7		Pennsylvania	**6,6**	57,4
Illinois	**7,1**	61,8		Rhode Island	**7,0**	60,9
Indiana	**7,4**	64,4		South Carolina	**6,7**	58,3
Iowa	**7,5**	65,3		South Dakota	**7,8**	67,9
Kansas	**7,7**	67,0		Tennessee	**6,9**	60,0
Kentucky	**7,3**	63,5		Texas	**6,1**	53,1
Louisiana	**5,4**	47,0		Utah	**9,3**	80,9
Maine	**7,5**	65,3		Vermont	**7,4**	64,4
Maryland	**6,2**	53,9		Virginia	**6,4**	55,7
Massachusetts	**7,3**	63,5		Washington	**7,4**	64,4
Michigan	**7,4**	64,4		West Virginia	**7,7**	67,0
Minnesota	**7,4**	64,4		Wisconsin	**7,5**	65,3
Mississippi	**5,4**	47,0		Wyoming	**10,4**	90,5
Missouri	**7,4**	64,4				
Provincia / Territorio	**µR/h**	**nGy/h**		**Provincia / Territorio**	**µR/h**	**nGy/h**
Alberta	8,6	**74,8**		Nunavut	7,6	**66,1**
British Columbia	8,0	**69,6**		Ontario	7,4	**64,4**
Manitoba	7,6	**66,1**		Prince Edward Island	7,5	**65,3**
New Brunswick	7,5	**65,3**		Quebec	7,5	**65,3**
Newfoundland & Labrador	7,5	**65,3**		Saskatchewan	8,2	**71,3**
Northwest Territories	8,4	**73,1**		Yukon	8,0	**69,6**
Nova Scotia	7,5	**65,3**				

Epílogo

Si llegó hasta aquí, gracias por leer nuestro manual de usuario de radón en el agua. En Rad Elec nos comprometemos a escuchar las sugerencias de nuestros clientes, así que contáctenos si tiene algún comentario para mejorar nuestro equipo o este documento. Esperamos que encuentre esta metodología como una añadidura precisa, robusta y rentable al catálogo de equipos de medición de radón de Rad Elec.

Si desea obtener mayor información sobre la investigación relacionada al radón en el agua usando cámaras de iones con electreto, puede encontrar varios artículos en nuestro sitio web (www.radelec.com), en la sección Publicaciones del menú Documentación (Documentation -> Publications). La versión más reciente de la hoja de cálculo de radón en el agua está disponible en la sección Analytical Tools / Spreadsheets de nuestro sitio web.

¡Contáctenos si tiene alguna duda, inquietud o una idea brillante!

RAD E-PERM® ELEC