

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

GUIA DE SEGURIDAD

n° 5.3

Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas

Madrid, junio 1987

Indice

1. INTRODUCCION	4	4. LIMITES DE FUGA	8
1.1. Objetivo		5. CERTIFICADO DE HERMETICIDAD	8
1.2. Ambito de aplicación		6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE FALTA DE HERMETICIDAD	9
2. ASPECTOS GENERALES PARA LOS METODOS DE PRUEBA	5	APENDICE: Equipos de medida	10
3. METODOS DE PRUEBA	5	Parte 1. Características básicas	
3.1. Inspección visual		Parte 2. Detectores más adecuados en función del tipo de radiación	
3.2. Prueba de frotis		Parte 3. Interpretación de resultados de la medida	
3.2.1. Generalidades			
3.2.2. Toma de muestra			
3.2.3. Medida de la muestra			
3.3. Prueba de inmersión			
3.3.1. Generalidades			
3.3.2. Toma de muestra			
3.3.3. Medida de la muestra			
3.4. Prueba de emanación gaseosa (para fuentes de Radio-226)		DEFINICIONES	11
3.4.1. Generalidades			
3.4.2. Toma de muestra			
3.4.3. Medida de la muestra			

Prólogo

A fin de prevenir los riesgos de contaminación externa o interna derivados de la pérdida de hermeticidad de las fuentes radiactivas encapsuladas se deben llevar a cabo, a intervalos periódicos, pruebas de hermeticidad a dichas fuentes, de forma que se detecte con premura cualquier fuente radiactiva encapsulada que haya dejado o que previsiblemente puede llegar a dejar de ser estanca por haber estado sometida a tensiones excesivas o a un prolongado uso, procediendo a su retirada y a su aislamiento.

Con objeto de facilitar la realización de dichos controles, el Consejo de Seguridad Nuclear recomienda, en la presente guía, los posibles métodos y procedimientos a seguir que están basados, fundamentalmente, en la normativa internacional ISO (ISO/TR 4826-1979) y en las normas nacionales alemanas (DIN 25426-1977), británica (BS 5288-1976) y francesa (M61-003-1972).

Se hace notar que los métodos recomendados en esta Guía son los más simples y básicos de los recogidos en las normas antes citadas, considerando, igualmente, aceptables los restantes métodos contemplados en las mismas.

Madrid, junio 1987

1. Introducción

1.1. Objetivo

El objetivo de esta guía es recomendar los métodos y técnicas básicas para llevar a cabo pruebas de hermeticidad a fuentes radiactivas encapsuladas almacenadas o en uso, así como establecer una serie de recomendaciones sobre los equipos de detección y medida a utilizar.

1.2. Ambito de aplicación

El contenido de la presente guía es aplicable a la realización de los controles y pruebas de hermeticidad de cualquier tipo de fuentes radiactivas encapsuladas empleadas en el campo de la medicina, industria, investigación o docencia, excepción hecha de las que contengan: *

- a) únicamente cripton o tritio en forma gaseosa.
- b) hasta 3,7 MBq (100 μ Ci) de otro radionucleido emisor de radiación beta y/o gamma.
- c) hasta 0,37 MBq (10 μ Ci) de un radionucleido emisor de radiación alfa.
- d) un radionucleido de período de semidesintegración inferior a treinta días.

Estos cuatro tipos de fuentes encapsuladas deben de haber sido sometidas a control de hermeticidad por el fabricante, dentro de los seis meses anteriores a su suministro al usuario.

* Code of Federal Regulations (USA) 10 CFR 31.5 y 10 CFR 35.14

2. Aspectos generales para los métodos de prueba

La prueba debe incluir una inspección visual y uno de los ensayos de hermeticidad que se indican más adelante, tomando siempre las máximas precauciones con objeto de eliminar riesgos radiológicos indebidos.

El procedimiento a aplicar en cada caso depende del radionucleido, de la actividad, del espesor y naturaleza del encapsulamiento de la fuente y, si es pertinente, de la forma en que la fuente esté alojada en un equipo o dispositivo.

En el caso de fuentes encapsuladas de Radio-226, la existencia en el encapsulamiento de pequeños poros o grietas puede dar lugar a un escape de Radón-222, previo al comienzo de una fuga de Radio-226; por esta razón, para comprobar la hermeticidad de la fuente, se puede determinar la impermeabilidad a la emanación de Radón.

A fin de detectar y poder aislar inmediatamente una fuente encapsulada muy dañada (con fugas importantes), se debe realizar un examen previo, más grosero, en el mismo punto de muestreo; caso de no apreciarse fuga, se realizará una medida cuantitativa más precisa.

La frecuencia de las pruebas de hermeticidad será fijada en la correspondiente autorización para el uso y almacenamiento de las fuentes encapsuladas, teniendo en cuenta sus características (actividad, radiotoxicidad y forma físico-química del radionucleido, encapsulamiento, etc.), su utilización, las consecuencias de una fuga, etc. En cualquier caso, siempre que exista la sospecha de una pérdida de hermeticidad de la fuente encapsulada, deberá realizarse uno de los ensayos recomendados.

3. Métodos de prueba

3.1. Inspección visual

Antes de realizar la prueba de hermeticidad, debe efectuarse, si es posible, una inspección visual, a fin de detectar corrosiones y defectos mecánicos tales como grietas, abolladuras o abrasiones. En caso de observarse alguno de estos defectos, deberá tomarse nota del nº de serie de la fuente encapsulada y del tipo y magnitud del deterioro observado, con el fin de establecer un registro válido para sucesivos controles.

En función de la magnitud del deterioro observado, se procederá a la retirada de la fuente encapsulada o a aumentar la frecuencia de las pruebas o controles, según proceda.

Si los niveles de radiación son elevados, se deben utilizar medios que protejan a la persona que realiza la inspección visual tales como espejos angulares o vidrios plomados.

Si la fuente encapsulada está situada en el interior de un equipo o dispositivo, la inspección visual debe incluir, también, aquellos elementos que sirvan de protección a la fuente y que impidan su daño mecánico o la entrada de polvo o sustancias agresivas.

Si la inspección visual de la fuente encapsulada no es posible, a causa de un excesivo nivel de radiación o debido a la forma en que esté alojada en el equipo, será suficiente con comprobar visualmente las partes del equipo indicadas en el párrafo anterior.

3.2. Prueba de frotis

3.2.1. Generalidades

La prueba consiste en un frotis cuidadoso de la superficie de la fuente con un material absorbente y en la determinación posterior de la actividad del material radiactivo recogido en el frotis.

Siempre que sea posible, el frotis debe hacerse por vía húmeda, eligiendo cuidadosamente el líquido a utilizar para humedecer el material absorbente, de forma que no ataque la superficie donde se realice el frotis y, a la vez, recoja el material radiactivo con la mayor efectividad posible. El frotis por vía seca es menos eficaz y se reservará para aquellos casos en los que, debido a las características de la fuente encapsulada, el frotis por vía húmeda no sea aconsejable. En el caso de que exista un riesgo excesivo de radiación para el personal que realiza la prueba de hermeticidad de una fuente alojada en un equi-

po o exista la posibilidad de desajustar el equipo al sacar la fuente encapsulada, el frotis puede llevarse a cabo en una superficie equivalente de dicho equipo.

Cuando el frotis se realiza sobre fuentes encapsuladas o superficies muy activas, el absorbente tiene que manipularse a distancia con dispositivos adecuados, al objeto de proteger a la persona que efectúa la prueba.

La mayor desventaja del frotis es la incertidumbre sobre la fracción de contaminación que se puede llegar a recoger, de aquí la importancia de una adecuada planificación y realización de la toma de muestra, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- i) Tipo de SUPERFICIE donde se realiza el frotis.
- ii) Forma FISICA Y QUIMICA del material radiactivo.
- iii) TAMAÑO DE LA SUPERFICIE tratada y PRESION ejercida en el frotis, cuestiones estrechamente relacionadas con la persona que efectúa la toma de muestra.

Por tanto, en función de estos factores, se elegirá el material absorbente, el líquido para humedecerlo y los dispositivos de sujeción más adecuados, siendo realizada la prueba por personal experimentado.

3.2.2. Toma de muestra

El frotis se realizará en todas las superficies accesibles de la fuente encapsulada con un algodón o papel de filtro absorbente, utilizando para ello pinzas o cualquier otro dispositivo apropiado para tal fin, con cuidado de no dañar el encapsulamiento.

El papel de filtro o el algodón irán humedecidos con el líquido apropiado. Suelen ser válidos el alcohol, el agua destilada, el tricloroetileno, etc., en función del tipo de fuente encapsulada. El alcohol tiene la ventaja de eliminarse más rápidamente por evaporación, lo que facilita el secado previo a la medida de la muestra.

La presión a ejercer sobre la superficie de la fuente vendrá limitada por su resistencia. Debe tenerse especial cuidado cuando se realicen frotis sobre fuentes con un espesor de encapsulamiento muy delgado, a fin de evitar cualquier tipo de deterioro.

Para evitar que la autoabsorción falsee la posterior medida, fundamentalmente en el caso de emisiones alfa o beta, se pondrá especial atención en el espesor y forma del material absorbente utilizado en la toma de muestra; por ejem-

plo, en el caso de papel de filtro, debería manejarse en posición extendida, de forma que la contaminación quede depositada en una de sus caras y no se produzca absorción de las radiaciones en pliegues y arrugas.

De ser posible, el frotis se realizará especialmente sobre los puntos de unión o soldadura del encapsulamiento y, en general, sobre aquellas zonas más susceptibles de estar contaminadas. En el caso de frotis sobre una superficie equivalente, éste deberá efectuarse de forma concienzuda en ranuras y puntos con alta probabilidad de retener la contaminación.

3.2.3. Medida de la muestra

Para llegar a una determinación cuantitativa lo más precisa posible de la actividad recogida en la muestra, se pueden seguir uno de estos dos caminos: bien contrastando la medida de la muestra problema frente a la de una fuente patrón del mismo radioisótopo, de actividad adecuada y medida en similares condiciones geométricas, o bien a través de la curva de respuesta del equipo de medida para distintas energías (curva de eficiencia de detección frente a energías) y confeccionada midiendo patrones en las condiciones anteriormente mencionadas de actividad y geometría. En este último caso, será necesario comprobar periódicamente que los puntos de la curva se mantienen, es decir se verificará el equipo.

En el caso de fuentes de radiación alfa o beta, debe esperarse al secado de la muestra antes de realizar la medida ya que puede producirse una atenuación importante de la radiación por el líquido que impregna el material absorbente.

3.3. Prueba de inmersión

3.3.1. Generalidades

La prueba consiste en introducir la fuente encapsulada en un líquido apropiado y determinar, posteriormente, la actividad del material radiactivo presente en la solución.

El líquido no deberá atacar al material inactivo de la cápsula o aquél en el que esté incorporado el material radiactivo y, a la vez, deberá ser capaz de recoger eficazmente la mayor parte del material radiactivo fugado o desprendido. Son apropiados, en muchos casos, el agua destilada, una mezcla de alcohol y agua destilada al 50 %, o soluciones con detergentes o agentes quelantes.

Para evitar pérdidas de material radiactivo en las paredes del recipiente, su superficie tiene que ser lisa (p. ej., vidrio) y deberá añadirse al líquido suficiente cantidad de material portador inactivo; aproximadamente, 100 mg por litro de líquido de prueba del mismo elemento o un elemento químicamente afín al radioisótopo encapsulado, en forma de un compuesto fácilmente soluble. Deberá evitarse la utilización de cloruros.

3.3.2. Toma de muestra

Se sumerge la fuente encapsulada en el líquido elegido, al menos durante cuatro horas, y se mantiene a una temperatura de $50 \pm 5^\circ\text{C}$. Pasado ese tiempo, se lava la fuente, y el líquido de lavado se añadirá al líquido utilizado en la inmersión.

3.3.3. Medida de la muestra

En función del sistema de medida a utilizar puede ser necesario considerar la absorción de la radiación por el líquido, fundamentalmente en el caso de radiación α y β ; este efecto se eliminará procediendo a su evaporación por un método que evite la pérdida de material radiactivo.

La determinación cuantitativa de la actividad se hará de igual manera que en la prueba de frotis.

3.4. Prueba de emanación gaseosa (para fuentes de Radio-226)

3.4.1. Generalidades

La prueba consiste en detectar la fuga de Radón-222, a través de los poros o grietas del encapsulamiento de la fuente, ya que la emanación de este gas se producirá antes de que comience el escape de Radio-226.

Para ello se encierra la fuente encapsulada y un material absorbente en un recipiente cerrado. Después de unas horas de confinamiento, se medirá la actividad del Radón retenido y este valor se extrapolará a la actividad que resultaría tras un confinamiento de 12 horas.

Para el confinamiento se utilizarán pequeños recipientes (p. ej.: tubos de ensayo), a fin de favorecer la retención del Radón-222 por el material absorbente y la realización de las medidas cuantitativas posteriores. El material de estos recipientes y sus tapones deberá ser impermeable al Radón.

3.4.2. Toma de muestra

Antes de proceder al confinamiento de la fuente, ésta debe ser limpiada con un disolvente apropiado para eliminar los agentes extraños que taponen aquellos poros o grietas por donde pudiera emanar el Radón. Para limpiar agujas de Radio usadas en aplicaciones clínicas deberían usarse agentes disolventes de proteínas. En el caso de utilizar algodón para la limpieza de las fuentes radiactivas, deberá tenerse la precaución de utilizar un algodón diferente para cada una de las fuentes, pues, en el caso de que una presentara fugas importantes, el resto podría llegar a contaminarse.

Una vez limpia, la fuente encapsulada se introduce en el recipiente de confinamiento junto con carbón activo, polietileno o cualquier otra sustancia absorbente apropiada. El recipiente se mantendrá sellado, como mínimo, durante tres horas. Transcurrido este tiempo, se saca la fuente encapsulada, se cierra inmediatamente el recipiente de confinamiento y se procede a la medida de la actividad del Radón retenido.

3.4.3. Medida de la muestra

Al igual que en los otros métodos, con el fin de separar las fuentes con fugas importantes, se debe realizar un examen previo cualitativo, por ejemplo, utilizando un detector adecuado para la radiación β emitida por la muestra.

Un método recomendable para la determinación cuantitativa de la actividad referida en la muestra es el expuesto en el punto 5.4.3. de la Norma DIN 25426 (Parte 4), <<Sealed Radioactive Sources, Leakage Tests for Recurrent Inspections>>, página 3. Abril 1977.

4. Límites de fuga

Una fuente encapsulada se debe considerar como no estanca si se exceden los siguientes límites de fuga:

- a) En la prueba de frotis directa sobre la fuente y en la prueba de inmersión: 185 Bq (5 nCi).
- b) En la prueba de frotis sobre una superficie equivalente de prueba: 18,5 Bq (0,5 nCi).
- c) En la prueba de emanación gaseosa en fuentes de Radio-226: 185 Bq (5 nCi) en 12 horas.

5. Certificado de hermeticidad

Una vez obtenidos los resultados de la prueba de hermeticidad, la entidad que la haya realizado debe emitir un certificado que recoja como mínimo:

- Nombre y dirección de la entidad que ha realizado la prueba de hermeticidad.
- Nombre y dirección del usuario de la fuente encapsulada sometida a prueba.
- Identificación de la fuente encapsulada, indicando el radionucleido, la actividad nominal, el nº de serie y la fecha de fabricación.
- En caso de que la fuente estuviera instalada en un equipo o dispositivo, se indicará su marca, modelo y nº de serie.
- Tipo de prueba, resultado en Bq (nCi), error asociado y fecha de realización.
- Defectos visibles en la fuente (grietas, abolladuras, abrasiones, áreas corroídas, etc.), en el caso de que haya sido posible la inspección visual o, si procede, resultados de dicha inspección en el dispositivo donde esté alojada.

6. Medidas a tomar en caso de falta de hermeticidad

En caso de detectarse fuga, se darán los pasos necesarios para que la fuente deteriorada sea retirada de uso y almacenada en un lugar seguro.

Si la fuga detectada fuera de una magnitud superior a cien veces los límites indicados anteriormente, se procederá a aislar el entorno de la fuente o el equipo o dispositivo donde estuviera instalada, comprobando posteriormente la contaminación de la zona y del equipo y procediendo, si fuera necesario, a la descontaminación por personal cualificado.

Independientemente del resultado cuantitativo de la prueba de hermeticidad, en función de los defectos observados en la inspección visual, si éstos hacen sospechar la posibilidad de fugas en el futuro, se recomienda considerar su reemplazamiento especialmente en fuentes que se apliquen directamente sobre personas en instalaciones médicas.

Apéndice

Equipos de medida

1. Características básicas

- a) El instrumento de medida deberá tener un límite mínimo de detección adecuado a las medidas que se piensan realizar (límites de fuga recogidos en el punto 4). Se estima que el límite mínimo de detección no debe ser mayor de 3,7 Bq (10^{-4} microcurios).
- b) El error de medida asociado al equipo no deberá exceder de $\pm 10\%$.
- c) El elemento sensible a la radiación debe ser adecuado al tipo de radiación que se pretende detectar y medir, con una mínima interferencia debida a otro tipo de radiaciones.
- d) Debe conocerse perfectamente la respuesta del equipo a radiaciones de distintas energías (curva de eficiencia de detección para distintas energías).

2. Detectores más adecuados en función del tipo de radiación

- a) Para la detección de radiación alfa se utilizan el sulfuro de zinc activado con plata como sustancia de centelleo, contadores proporcionales o detectores de semiconductor. Pueden utilizarse tubos Geiger, pero su eficiencia de detección es bastante baja y puede interferir la presencia de radiación beta o gamma.
- b) Para la detección de radiación beta, en un rango muy amplio de energías, se utilizan tubos Geiger de 2 mg/cm² de densidad superficial de ventana, contadores proporcionales o sustancias orgánicas de centelleo. La radiación gamma interfiere con todos los detectores beta, aunque con eficiencias de detección muy bajas. La radiación alfa puede llegar a interferir al utilizar tubos Geiger de ventana fina.
- c) Para medir la radiación gamma se utilizan detectores de centelleo de cristal de Ioduro sódico activado con talio.

3. Interpretación de resultados de la medida

Es fundamental conocer el factor de conversión que hay que aplicar a la lectura del instrumento para obtener el valor de contaminación. Este factor de conversión depende de:

- a) La GEOMETRIA del conjunto muestra-detector.
- b) Las características del sistema de detección y medida.
- c) El tipo y energía de la radiación que se mide: eficiencia del detector de radiación para esa energía.
- d) La AUTOABSORCION de la muestra.

Este factor de conversión se puede conocer:

- a) Realizando, previamente a la medida de la muestra, una medida de una fuente patrón del mismo radioisótopo y de actividad próxima a los límites de fuga (punto 4), en unas condiciones de medida lo más similares posibles a las de la medida de la muestra.
- b) A partir de la curva de respuesta del sistema de detección y medida para varios radioisótopos, en un amplio rango de energías, en las condiciones más parecidas posibles a las de la medida de la muestra. En este caso, será preciso comprobar periódicamente que se mantienen los puntos de la curva de respuesta.

Definiciones

Las definiciones de los términos y conceptos contenidos en la presente Guía se corresponden con los establecidos en los siguientes documentos legales:

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear. (BOE nº 107, del 4-5-64) y Decretos que la desarrollan.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear (BOE nº 100, del 25-4-80).

Además de lo anterior, en la presente Guía se emplea el término <<fuente radiactiva encapsulada>> o <<fuente sellada>>, que la Comunidad Europea define como sigue:

Fuente sellada: Fuente constituida por sustancias radiactivas sólidamente incorporadas en materias sólidas y efectivamente inactivas, o sellada en un envoltorio inactivo que presente una resistencia suficiente para evitar, en las condiciones normales de empleo, cualquier dispersión de sustancias radiactivas.

y el término <<superficie equivalente>>) que se entiende como:

Superficie equivalente: Superficie, en las proximidades de la fuente, con mayor probabilidad de estar contaminada y sobre la cual ha de efectuarse la prueba de frotis, con objeto de estimar la pérdida de hermeticidad de la fuente encapsulada.