

**NOM-002-NUCL-2004**

**NORMA OFICIAL MEXICANA, PRUEBAS DE FUGA Y HERMETICIDAD DE FUENTES SELLADAS**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con fundamento en los artículos 33 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracciones I y XVII y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 1, 4, 18 fracción III, 19, 21 y 50 fracciones I, II, III, XI y XII de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; 1, 2, 3, 59 al 61 y 64 al 68 del Reglamento General de Seguridad Radiológica; 1, 2, 3 fracción VI inciso b), y 34 fracciones XVII, XIX, XXII y XXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

**CONSIDERANDO**

**Primero.** Que con fecha 4 de febrero de 2004, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-NUCL-1994, Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas, a efecto de recibir comentarios de los interesados;

**Segundo.** Que una vez transcurrido el plazo que fija la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en su artículo 47 fracción I, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, no recibió comentarios al proyecto en cita;

**Tercero.** Que en la reunión celebrada el 19 de agosto de 2004, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias aprobó por consenso la publicación del proyecto en cita, como Norma Oficial Mexicana, y

**Cuarto.** Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46, 47 y demás relativos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, por lo que se expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-NUCL-2004, PRUEBAS DE FUGA  
Y HERMETICIDAD DE FUENTES SELLADAS**

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, Distrito Federal, a diecinueve de agosto de dos mil cuatro.- El Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Juan Eibenschutz Hartman**.- Rúbrica.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-NUCL-2004, PRUEBAS DE FUGA  
Y HERMETICIDAD DE FUENTES SELLADAS**

**INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Definiciones
4. Criterios de hermeticidad
5. Métodos de prueba
6. Requerimientos para el sistema de medición
7. Documentación e informe de la prueba de fuga

Apéndice A (Normativo) informe de la prueba de fuga

8. Concordancia con normas internacionales y normas mexicanas
9. Bibliografía
10. Evaluación de la conformidad
11. Observancia
12. Vigencia

## 0. Introducción

La hermeticidad de las fuentes selladas es un requisito indispensable para cumplir con las normas de seguridad radiológica, tal y como lo establecen los artículos 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67 y 68 del Reglamento General de Seguridad Radiológica. Esta parte de la reglamentación demanda que existan garantías sobre la integridad del encapsulado de las fuentes selladas, a fin de reducir al mínimo el riesgo de dispersión del material radiactivo, lo que podría ocasionar una contaminación.

### 1. Objetivo

Establecer los requisitos que debe cumplir la prueba de fuga del material radiactivo contenido en fuentes selladas, así como los requisitos que debe cumplir la documentación y su registro.

### 2. Campo de aplicación

2.1 Esta Norma es aplicable a la prueba de fuga del material radiactivo contenido en fuentes selladas, mediante la medida de la actividad de la muestra o del frotis efectuado a las fuentes selladas, a excepción de las que contengan:

- 2.1.1 Hasta 3.7 MBq (100  $\mu$ Ci) de un radionúclido emisor beta y/o gamma;
- 2.1.2 Hasta 0.37 MBq (10  $\mu$ Ci) de un radionúclido emisor alfa, y
- 2.1.3 Un radionúclido de vida media menor a treinta días.

Estos tipos de fuentes selladas deben haber demostrado su hermeticidad mediante una prueba de fuga realizada por el fabricante, dentro de los seis meses anteriores a su suministro al permisionario y quedan exentas del requerimiento de pruebas de fuga adicionales.

2.2 Esta Norma no es aplicable a las fuentes selladas gaseosas.

### 3. Definiciones

Para efectos de la presente Norma se entiende por:

#### 3.1 Actividad

El número de transiciones espontáneas que ocurren por unidad de tiempo en una cantidad dada de material radiactivo. Formalmente, la actividad  $A$  de una cantidad dada de material radiactivo es el cociente de  $dN$  entre  $dt$ , siendo  $dN$  el número de transiciones nucleares espontáneas que ocurren en el intervalo de tiempo  $dt$ . La unidad de actividad es el Becquerel (Bq), donde:

- 1 Bq = 1 desintegración/segundo  
(1 Ci =  $3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones/segundo).

#### 3.2 Actividad mínima detectable

Actividad mínima de una muestra radiactiva que puede ser cuantificada experimentalmente con un nivel de confianza estadística del 95%.

#### 3.3 Cápsula

Envoltente de protección utilizada para contener herméticamente al material radiactivo.

#### 3.4 Fuente sellada

Material radiactivo permanentemente incorporado a un material encerrado en una cápsula hermética, con resistencia mecánica suficiente para impedir el escape o la dispersión del material radiactivo en las condiciones previsibles de utilización y desgaste.

### **3.5 Prueba de fuga**

Proceso al que se somete a una fuente sellada con el objeto de determinar si mantiene su hermeticidad.

### **3.6 Radiación de fondo**

Radiación natural del ambiente proveniente de los rayos cósmicos y de los elementos radiactivos naturales, incluyendo los que forman parte del detector, de su material de blindaje y del contenedor de la muestra, entre otros.

### **3.7 Superficie equivalente**

Superficie cercana a la fuente sellada con la mayor probabilidad de contaminarse en caso de que ésta no sea hermética.

## **4. Criterios de hermeticidad**

En observancia a lo establecido en el Reglamento General de Seguridad Radiológica, se considera que una fuente sellada es hermética cuando la prueba de fuga indique una actividad menor a 185 Bq (5nCi) para fuentes diferentes al Ra-226. Para las fuentes de Ra-226 la fuga de Radón-222, en veinticuatro horas, debe ser menor a 37 Bq (1nCi).

## **5. Métodos de prueba**

### **5.1 Requisitos generales**

Cuando se tenga sospecha de que la contaminación detectada en una fuente sellada pueda deberse a otros contaminantes ajenos al material radiactivo de la misma, ésta deberá descontaminarse y guardarse en un lugar libre de contaminación y después de un lapso de 7 días se podrá proceder a una segunda prueba de fuga; en caso de que esta segunda prueba de fuga indique nuevamente contaminación superficial, se deberá reportar la fuente sellada como no hermética. Esta consideración no aplica a la prueba de frotis por vía seca y a la prueba de emanación gaseosa para fuentes selladas de Ra-226.

### **5.2 Prueba de frotis por vía húmeda**

**5.2.1** El frotis se debe realizar con papel filtro, algodón u otro material de alta capacidad absorbente, humedecido con un líquido que no dañe al material del que está hecha la superficie exterior de la fuente sellada.

**5.2.2** Se debe frotar toda la superficie accesible de la fuente sellada, con especial atención a puntos de unión o soldadura de la cápsula y sobre aquellas zonas susceptibles de estar contaminadas.

**5.2.3** En caso de que no sea posible realizar el frotis directamente sobre la superficie exterior de la fuente sellada, se deberá tomar sobre una superficie equivalente, considerando en este caso que la contaminación en esta superficie equivalente es el 10% de la contaminación presente en la fuente sellada.

### **5.3 Prueba de frotis por vía seca**

**5.3.1** La fuente sellada se debe someter a limpieza ultrasónica en un recipiente que contenga un agente limpiador como el tricloroetileno inhibido o una solución acuosa de ácido etilén diamino tetra acético (EDTA), durante 10 minutos y luego permitir su secado; posteriormente se debe frotar toda la superficie accesible de la fuente con papel filtro o algodón y medir su actividad.

**5.3.2** Después de un periodo de 7 días repetir el frotis y medir la actividad del algodón o papel filtro; en ambos casos, la actividad debe estar dentro de los valores indicados en el punto 4, para considerar que la fuente sellada es hermética.

### **5.4 Prueba de inmersión**

**5.4.1** Se debe utilizar un líquido que no ataque al material del que está compuesta la superficie exterior de la fuente sellada.

**5.4.2** Para evitar la retención de material radiactivo en las paredes del recipiente, la superficie de éste debe ser lisa.

**5.4.3** Deben añadirse al líquido para la prueba 100 mg por litro de material portador inactivo, del mismo elemento o de un elemento químicamente afín al material radiactivo contenido en la fuente sellada, en forma de compuesto fácilmente soluble; deberá evitarse la utilización de cloruros.

**5.4.4** El líquido para la prueba debe mostrar efectividad para remover el material radiactivo presente en la fuente sellada; puede emplearse agua destilada y soluciones débiles de detergentes o agentes quelantes entre otros.

**5.4.5** La fuente sellada debe sumergirse en el líquido y éste debe calentarse a una temperatura de  $323 \pm 5^\circ\text{K}$  ( $50 \pm 5^\circ\text{C}$ ), manteniendo esta temperatura durante 4 horas, posteriormente remover y lavar la fuente, agregar el líquido resultante del lavado al utilizado para sumergir la fuente y medir la actividad de esta combinación.

#### **5.5 Prueba de inmersión con ebullición**

**5.5.1** Se debe utilizar un líquido que no dañe al material del que está compuesta la superficie exterior de la fuente sellada.

**5.5.2** El líquido empleado debe mostrar efectividad para remover el material radiactivo presente en la fuente sellada.

**5.5.3** La fuente sellada debe sumergirse en el líquido y éste debe hervir durante 10 minutos, luego debe permitirse que se enfríe, posteriormente se debe enjuagar la fuente usando líquido a temperatura ambiente. Se deben repetir estas operaciones dos veces, posteriormente sumergir nuevamente la fuente y hervirla en el líquido resultante de la anterior operación de enjuagado, finalmente se debe retirar la fuente sellada y medir la actividad de todo el líquido utilizado en el proceso.

#### **5.6 Prueba de emanación gaseosa para fuentes selladas de Ra-226**

**5.6.1** Debe colocarse la fuente sellada dentro de un contenedor hermético impermeable al radón, que contenga un material absorbente como carbón activado o fibras de polietileno.

**5.6.2** Antes de confinar la fuente sellada, ésta debe estar libre de agentes extraños que puedan obstruir poros o grietas por donde pudiese emanar el radón.

**5.6.3** La fuente debe permanecer dentro del contenedor al menos 3 horas, al retirarse la fuente del contenedor, éste deberá cerrarse otra vez. La medición de la actividad del radón retenido en el absorbente debe realizarse de manera inmediata y el valor obtenido se extrapolará a la actividad que se liberaría tras un confinamiento de 24 horas.

#### **5.7 Prueba de emanación en un líquido de centelleo para fuentes de Ra-226**

**5.7.1** La fuente debe sumergirse en un líquido de centelleo que no ataque al material que constituye la cápsula de la fuente sellada, dejarse ahí durante tres días a temperatura ambiente y en la oscuridad, para evitar la fotoluminiscencia.

**5.7.2** Después de retirada la fuente, debe medirse la actividad del líquido con un sistema de detección por centelleo líquido, previamente calibrado para medir el núclido que constituye la fuente.

### **6. Requerimientos para el Sistema de Medición**

**6.1** La actividad mínima detectable del sistema de medición deberá ser menor al 50% de los valores de los criterios de hermeticidad establecidos en el punto 4.

**6.2** La actividad del material radiactivo fugado debe calcularse con un nivel de confianza del 95% y la incertidumbre debe ser menor o igual al 10%.

**6.3** El sistema de medición debe ser adecuado para el tipo y energía de la radiación emitida por el material radiactivo contenido en la fuente sellada y su electrónica debe ser de alta estabilidad y bajo ruido; así mismo debe contarse con los manuales del sistema de medición. Para su calibración se deben utilizar patrones cuya energía cubra el intervalo de energía de interés y que tengan geometría y características físicas semejantes a la muestra que se analiza.

**6.4** Los patrones radiactivos que se utilicen para la calibración en energía y eficiencia deben tener un error menor al 5% en las actividades certificadas.

**6.5** Se debe contar con los equipos y accesorios necesarios para el manejo adecuado de la fuente.

**6.6** Se debe contar con procedimientos para la calibración en energía y en eficiencia.

**6.7** Se debe calcular el error asociado en la determinación de la actividad.

#### **7. Documentación e informe de la prueba de fuga**

**7.1** El resultado de la prueba deberá estar registrado en el Informe de la Prueba de Fuga en los términos establecidos en el Apéndice A (Normativo).

**7.2** Cuando el permisionario de la fuente sellada sea el que obtenga la muestra o frotis, deberá entregar al titular de la autorización para realizar pruebas de fuga, el formato del Apéndice A (normativo) debidamente firmado y requisitado, con los datos que le correspondan, además de la muestra o frotis debidamente acondicionado, para que en todo momento se mantenga el material radiactivo contenido en la muestra o frotis, para realizar la medición de su actividad.

**7.3** En caso de que el resultado de la prueba indique que la fuente sellada no es hermética:

- a)** El titular de la autorización para realizar pruebas de fuga deberá notificarlo inmediatamente tanto a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias como al permisionario de la fuente sellada, anexando una copia del Informe de la Prueba de Fuga.
- b)** El permisionario de la fuente sellada deberá notificarlo, dentro de las 48 horas siguientes, a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, describiendo cómo dispuso de la fuente sellada, lo que debe ser consistente con lo establecido en el artículo 68 del Reglamento General de Seguridad Radiológica.

**APENDICE A (NORMATIVO)  
INFORME DE LA PRUEBA DE FUGA**

**1. Datos del permisionario de la fuente sellada.**

- 1.1 Razón Social \_\_\_\_\_
- 1.2 Domicilio \_\_\_\_\_  
 Colonia \_\_\_\_\_ Código Postal \_\_\_\_\_  
 Ciudad \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_  
 Teléfono \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ E-mail \_\_\_\_\_
- 1.3 Número de Licencia, Permiso o Autorización que ampara a la fuente sellada \_\_\_\_\_

**2. Datos de la Fuente sellada.**

- 2.1 Fabricante \_\_\_\_\_
- 2.2 Radionúclido(s) \_\_\_\_\_
- 2.3 No. de serie \_\_\_\_\_
- 2.4 Actividad original (en Bq): \_\_\_\_\_
- 2.5 Energía de la radiación ionizante emitida (en joules o Mev): \_\_\_\_\_
- 2.6 Dimensiones de la cápsula \_\_\_\_\_ 2.7 Material de construcción \_\_\_\_\_

**3. Datos del titular de la autorización para realizar pruebas de fuga**

- 3.1 Razón social \_\_\_\_\_
- 3.2 Autorización de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias para realizar la prueba de fuga \_\_\_\_\_
- 3.3 Domicilio \_\_\_\_\_  
 Colonia \_\_\_\_\_ Código Postal \_\_\_\_\_  
 Ciudad \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_  
 Teléfono \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ E-mail \_\_\_\_\_

**4. Datos del sistema de medición utilizado para la prueba de fuga.**

- 4.1 Equipo de medición \_\_\_\_\_ 4.2 Marca \_\_\_\_\_
- 4.3 Modelo y No. de serie \_\_\_\_\_
- 4.4 Intervalo de operación \_\_\_\_\_
- 4.5 Resolución \_\_\_\_\_
- 4.6 Eficiencia para la energía de interés \_\_\_\_\_
- 4.7 Fecha de la última calibración \_\_\_\_\_
- 4.8 Patrón de referencia \_\_\_\_\_ 4.8.1 Marca \_\_\_\_\_
- 4.8.2 Radionúclido(s) \_\_\_\_\_ 4.8.3 No. de serie \_\_\_\_\_
- 4.8.4 Actividad (en Bq) \_\_\_\_\_
- 4.8.5 Fecha de calibración \_\_\_\_\_

**5. Datos de la prueba de fuga.**

- 5.1 Fecha de obtención de la muestra o frotis\* \_\_\_\_\_
- 5.2 Lugar y fecha de la medición \_\_\_\_\_ 5.3 Método de prueba: \_\_\_\_\_
- 5.4 Tiempo de medición de la radiación de fondo, con un nivel de confianza (NC) del 95% \_\_\_\_\_
- 5.5 Lectura de radiación de fondo (cpm) \_\_\_\_\_
- 5.6 Tiempo de medición del patrón de referencia, con un NC del 95% \_\_\_\_\_
- 5.7 Tiempo de medición de la muestra, con un NC del 95% \_\_\_\_\_
- 5.8 Actividad mínima detectable (Bq) \_\_\_\_\_
- 5.9 Actividad de la muestra (Bq) \_\_\_\_\_

\*Para el caso de frotis por vía húmeda, indicar si el frotis se realizó directamente sobre la fuente o sobre una superficie equivalente.

**6. Resultado de la prueba de fuga**

6.1 La fuente de \_\_\_\_\_ No. de serie \_\_\_\_\_ es hermética.  
Núclido(s) (sí/no)

6.2 Declaramos que la prueba de fuga que avala el presente informe se realizó conforme a lo requerido en la NOM-002-NUCL-2004, "Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas".

|  |   |
|--|---|
| 6.2.1 _____  | 6.2.2 _____   |
| Nombre y firma del Representante Legal de la licencia del permisionario de la fuente sellada | Nombre y firma del Representante Legal de la autorización para realizar pruebas de fuga |

En caso de que el permisionario de la fuente sellada no haya participado en la realización de la prueba de fuga, deberá indicarse en 6.2.1, la leyenda "no aplicable".

**8. Concordancia con normas internacionales y normas mexicanas.**

Esta Norma coincide parcialmente con la Norma ISO-9978-1992. Radiation Protection-Sealed Radioactive Sources-Leakage Tests Methods, de la Organización Internacional de Normalización.

**9. Bibliografía**

9.1 ISO-9978-1992. Radiation Protection-Sealed Radioactive Sources-Leakage Tests Methods. Geneve, ISO.

9.2 ISO 2919: 1999. Radiation Protection-Sealed Radioactive Sources-General Requirements and Classification. Geneve, ISO.

9.3 ISO/TR 4826:1979. Sealed Radioactive Sources-Leak Test Methods. Geneve, ISO.

9.4 México. Leyes, etc. 1988. Reglamento General de Seguridad Radiológica. Publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de noviembre de 1988.

9.5 NCRP Report No. 40, 1972. Protection Against Radiation Brachytherapy Sources. Washington, D.C., NCRP.

9.6 Guía de Seguridad No. 5.3. Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas. Consejo de Seguridad Nuclear, España, 1987.

9.7 NOM-008-SCFI-1994, Sistema General de Unidades de Medida.

**10. Evaluación de la conformidad**

La evaluación de la conformidad se realizará por parte de la Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

**11. Observancia**

Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, y corresponde a la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, la vigilancia de su cumplimiento.

**12. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales de ser publicada como Norma Oficial Mexicana en el **Diario Oficial de la Federación**, cancelando al inicio de su vigencia, a la NOM-002-NUCL-1994, Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 23 de febrero de 1996.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 19 de agosto de 2004. - El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Juan Eibenschutz Hartman**.- Rúbrica.