

DOF: 24/05/2024**NORMA Oficial Mexicana NOM-008-NUCL-2024, Límites de contaminación radiactiva y criterios para su control.****Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- SENER.- Secretaría de Energía.- Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.**

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-NUCL-2024, "LÍMITES DE CONTAMINACIÓN RADIATIVA Y CRITERIOS PARA SU CONTROL".

ALEJANDRO NÚÑEZ CARRERA, Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 33 fracción XIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 18 fracción III, 19, 21 y 50 fracciones I y XI de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; 1, 38 fracciones II, III y IV, 40 fracciones I y XVII, 41, 47 fracción I, y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Transitorio Quinto de la Ley de Infraestructura de la Calidad, 2, apartado F, fracción I, 40, 41 y 42 fracciones VIII, XI, XII, XXX y XXXIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, 1, 2, 3, 4, 87, 88, 113, 114, 121 y 181 fracciones XI y XII del Reglamento General de Seguridad Radiológica.

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha del 27 de abril de 2021, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-008-NUCL-2020, "Límites de contaminación radiactiva y criterios para su control".

Segundo. Que transcurrido el plazo de 60 días naturales a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios mencionados en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias no recibió comentarios.

Tercero. Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias aprobó la presente Norma Oficial Mexicana como definitiva, en su Primera Sesión Extraordinaria, celebrada el 12 de marzo de 2024.

Cuarto. Que de conformidad con lo establecido en el artículo 28 fracción II, inciso d) del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el año de la clave de esta Norma Oficial Mexicana cambia a 2024, debido a que el instrumento regulatorio se presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias para su aprobación en dicho año.

Por lo expuesto y fundado he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-NUCL-2024, LÍMITES DE CONTAMINACIÓN RADIATIVA Y CRITERIOS PARA SU CONTROL**Prefacio**

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron los representantes de las siguientes instancias:

- Secretaría de Economía
Dirección General de Normas
- Secretaría de Energía
Unidad de Políticas de Transformación Industrial
Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear / Dirección de Coordinación de la Industria Eléctrica
- Comisión Federal de Electricidad
Gerencia de Centrales Nucleares
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social
Dirección General de Previsión Social
- Secretaría de Salud.
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas"
Hospital Juárez de México
Hospital Regional de Alta Especialidad "Ciudad Salud"
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
- Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Ciencias Nucleares

- Federación Mexicana de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, A. C.
- Colegio de Medicina Nuclear de México, A. C.
- Sociedad Mexicana de Radioterapeutas, A. C.
- Asociación Mexicana de Física Médica, A. C.
- Asociación Mexicana de Radioprotección, A. C.
- Servicios Integrales para la Radiación, S.A. de C.V.
- Asesoría Especializada y Servicios Corporativos, S.A. de C.V.
- Servicios a la Industria Nuclear y Convencional, S.A. de C.V.
- Radiación Aplicada a la Industria, S.A. de C.V.
- Control de Radiación e Ingeniería, S.A. de C.V.
- Tecnofísica Radiológica, S. C.
- Electrónica y Medicina, S.A.
- Radiografía Industrial y Ensayos, S.A. de C.V.
- Endomédica, S.A. de C.V.
- Radiografías Caballero, S.A. de C.V.
- Control Total de Calidad en Procedimientos de Soldadura, S.A. de C.V.
- Scantibodies Imagenología y Terapia, S.A. de C.V.
- Pruebas de Soldaduras, S.A. de C.V.
- Maquinado e Ingeniería de Soporte, S.A. de C.V.
- Bartlett de México, S.A. de C.V.
- EERMS, S.A. de C.V.
- Veyron Physics, S.A. de C.V.
- Radiaciones del Sureste Aplicadas, S.A. de C.V.
- Transportaciones Nacionales e Internacionales Regias, S.A. de C.V.
- Materiales de Referencia, Instrumentos y Calibraciones, S.A. de C.V.
- Medicina Nuclear de Chiapas, S. de R. L. de C.V.
- Construcciones y Radiografías Industriales de la Huasteca, S.A. de C.V.
- Adiestramiento y Capacitación Nuclear, S.A. de C.V.

- Sterigenics, S. de R. L. de C.V.
- Proveedora de Servicios Industriales y Suministros Industriales, S. de R. L. de C.V.
- Instrumentos y Equipos Falcón, S.A. de C.V.
- Fundación Teletón Vida, I. A. P.
- Accelparts
- Accesofarm, S.A. de C.V.
- Química y Radiaciones de México
- Rapiscan Systems de México, S. de R. L. de C.V.
- Hospital Ángeles del Pedregal, S.A. de C.V.
- Soluciones en Radiación, Consultoría y Capacitación, S.A. de C.V.
- Hospital San Javier
- Instituto Nacional de Pediatría
- Halliburton de México, S. de R. L. de C.V.

Con objeto de elaborar la modificación a la NOM-008-NUCL-2011, se constituyó un Grupo de Trabajo con la participación voluntaria de los siguientes actores:

- Secretaría de Energía
 - Unidad de Políticas de Transformación Industrial
 - Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear / Dirección de Coordinación de la Industria Eléctrica
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- Comisión Federal de Electricidad
 - Gerencia de Centrales Nucleares
- Bartlett de México, S.A. de C.V.
- Asesores en Radiaciones, S.A.
- Hospital Ángeles del Pedregal, S.A. de C.V.
- Soluciones en Radiación, Consultoría y Capacitación, S.A. de C.V.
- Asesoría Especializada y Servicios Corporativos, S.A. de C.V.
- Control de Radiación en Ingeniería, S.A. de C.V.
- Adiestramiento y Capacitación Nuclear, S.A. de C.V.
- Radiación Aplicada a la Industria, S.A. de C.V.
- Servicios Integrales para la Radiación, S.A. de C.V.
- Tecnofísica Radiológica, S. C.
- Asociación Mexicana de Radioprotección, S. C.
- Instituto Nacional de Pediatría
- Servicios a la Industria Nuclear y Convencional, S.A. de C.V.
- Materiales de Referencia, Instrumentos y Calibración, S.A. de C.V.
- Medicina Nuclear de Chiapas, S. de R. L. de C.V.
- Fundación Teletón Vida, I. A. P.
- Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas"
- Hospital Juárez de México
- Hospital Regional "Adolfo López Mateos"
- Hospital Regional de Alta Especialidad "Ciudad Salud"
- Asociación Mexicana de Física Médica, A. C.
- Electrónica y Medicina, S.A.

ÍNDICE

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias normativas
3. Definiciones y abreviaturas
4. Criterios para el control de la contaminación
5. Determinación de la contaminación radiactiva
6. Vigilancia
7. Procedimiento de evaluación de la conformidad
8. Concordancia con normas internacionales
 - Apéndice A (Normativo) Valores de contaminación superficial
 - Apéndice B (Normativo) Criterios para la selección de ropa de protección
 - Apéndice C (Informativo) Ejemplos de estimaciones del equivalente de dosis efectiva, con y sin equipo de protección respiratoria
 - Apéndice D (Informativo) Procedimiento para la medición directa de la contaminación superficial fija + removible (Bq/cm²)
 - Apéndice E (Informativo) Procedimiento para la medición removible por frotis (Bq/cm²)

Apéndice F (Normativo) Procedimiento para la medición de contaminación personal

9. Bibliografía

TRANSITORIOS

0. Introducción

En las instalaciones radiactivas y nucleares, donde exista o pueda existir contaminación radiactiva, se presenta una vía adicional de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto, por lo que, para reducir ésta a niveles aceptables, es necesario:

- 0.1 Establecer provisiones en el diseño que permitan controlar la dispersión de la contaminación radiactiva durante la operación, el cese de operaciones, y el cierre de las instalaciones y faciliten las actividades de descontaminación.
- 0.2 Que, durante la operación, el cese de operaciones y el cierre de las instalaciones se establezcan controles y límites derivados tanto para la contaminación superficial como para la suspendida en aire, complementados con planeaciones y permisos de trabajo en zonas controladas.
- 0.3 Establecer una vigilancia de la contaminación radiactiva antes, durante y después de los procesos que involucren el manejo de material radiactivo.

En esta norma se establecen requisitos para la implementación de las acciones referidas en los numerales (0.2) y (0.3).

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Objetivo

Establecer los límites derivados de contaminación radiactiva y los criterios bajo los cuales se deben implementar los controles que permitan minimizar la exposición del personal ocupacionalmente expuesto a la contaminación radiactiva superficial y a la suspendida en aire.

1.2 Campo de aplicación

La presente norma es de aplicación en aquellas instalaciones radiactivas y nucleares donde exista o pueda existir contaminación radiactiva.

2. Referencias normativas

Los siguientes documentos referidos, son indispensables para la aplicación de esta norma.

2.1 NOM-041-NUCL-2013, Límites anuales de incorporación y concentraciones en liberaciones, o la que la sustituya.

2.2 NOM-035-NUCL-2013, Criterios para la dispensa de residuos con material radiactivo, o la que la sustituya.

3. Definiciones y abreviaturas

Para los propósitos de esta Norma Oficial Mexicana, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 Contaminación radiactiva:

Presencia indeseable de sustancias radiactivas en superficies o contenida en sólidos, líquidos o gases (incluyendo el cuerpo humano).

3.2 Contaminación superficial:

Presencia indeseable de una sustancia radiactiva sobre una superficie, dicha contaminación puede ser fija o removible.

3.3 Contaminación fija:

Contaminación superficial que no se transfiere de una superficie a otra durante condiciones rutinarias de uso.

3.4 Contaminación removible:

Contaminación superficial que se transfiere de una superficie a otra durante condiciones rutinarias de uso.

3.5 Instalación:

Cualquier instalación nuclear o radiactiva.

3.6 Ropa de protección radiológica:

Ropa que sirve de barrera física entre la persona y la contaminación radiactiva y que minimiza la contaminación del personal.

3.7 Zona con alta contaminación:

Cualquier zona donde el nivel de contaminación removible es mayor o igual a 100 veces los valores establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo) de acuerdo al tipo de instalación.

3.8 Zona controlada:

Es la zona sujeta a supervisión y controles especiales con fines de protección radiológica.

3.9 Zona contaminada:

Es la zona donde el nivel de contaminación removible rebasa, o que, debido a la naturaleza de los trabajos a realizar, se puedan rebasar los valores establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo) de acuerdo al tipo de instalación, sin exceder 100 veces el valor de los mismos.

3.10 Zona con contaminación suspendida en aire:

Es aquella en donde se exceden los valores de la concentración derivada en aire (CDA) establecidos en la NOM-041-NUCL-2013 o la que la sustituya o, en caso de estar normalmente ocupada, la concentración de material radiactivo promedio semanal excede el 25% de la CDA.

3.11 Zona de radiación:

Es aquella accesible únicamente al personal ocupacionalmente expuesto, en la que el equivalente de dosis a cuerpo entero, pudiera ser superior a 0.05 mSv en una hora o a 1 mSv en cualquier periodo consecutivo de cinco días.

3.12 Zona de alta radiación:

Es aquella accesible únicamente al personal ocupacionalmente expuesto, en la que el equivalente de dosis a cuerpo entero en una hora, pudiera ser superior a 1 mSv.

4. Criterios para el control de la contaminación

4.1 Dentro de la zona controlada se deben establecer, delimitar y señalar, según proceda, cada una de las zonas contaminadas, con alta contaminación, con contaminación suspendida en aire, de radiación y de alta radiación, cabe precisar que una misma zona se debe clasificar y señalar en función de su nivel de contaminación y de radiación.

4.2 Se deben establecer controles para evitar la transferencia inadvertida de contaminación removible a otros lugares.

4.3 Se deben planear con anticipación las actividades, a fin de optimizar la protección radiológica del personal que las realizará y minimizar la generación de material con contaminación radiactiva.

4.4 Se deben establecer controles para entrar, permanecer y salir de las zonas contaminadas, con alta contaminación, con contaminación suspendida en aire, de radiación, y de alta radiación, para garantizar que:

4.4.1 Se minimice el ingreso de personal, materiales, equipos y herramientas;

4.4.2 Las actividades se realicen de conformidad con lo planeado, en el numeral 4.3 de la presente norma, y se mantenga la vigilancia necesaria para identificar cualquier desviación o situación anormal que requiera la interrupción del trabajo para su reevaluación;

4.4.3 Se utilice el equipo de protección radiológica adecuado para las condiciones en las que se realizarán los trabajos;

4.4.4 En la salida de las zonas contaminadas, con alta contaminación y con contaminación suspendida en aire, se establezcan las provisiones necesarias para evitar la dispersión de la contaminación radiactiva, además de incluir el equipo para la medición de la contaminación radiactiva de herramientas, materiales, equipos y personal que egrese de las mismas, y

4.4.5 Cuando los niveles de radiación de fondo o cualquier otra condición en el punto de salida imposibilite medir los niveles de contaminación radiactiva del personal, herramientas, equipos o materiales que se retiren de dichas zonas, se debe ubicar el punto de salida en un área de bajo fondo de radiación. En caso de que esta reubicación no sea posible, se debe seleccionar un área externa a dichas zonas, apropiada para realizar la medición; en este caso se deben medir frecuentemente los niveles de contaminación radiactiva y de la trayectoria que se utilice para llegar a ella.

4.5 Se debe realizar la vigilancia de los niveles de contaminación removible dentro de la zona controlada antes, durante y después del manejo de material radiactivo y con la periodicidad requerida por las características de diseño y operación particulares de cada instalación, debiéndose mantener los registros correspondientes para aquellas áreas que rebasen los valores establecidos en el Apéndice A (Normativo) y los controles requeridos para zonas contaminadas o con alta contaminación.

4.6 Cuando se ingrese a zonas contaminadas, con alta contaminación o con contaminación suspendida en aire se debe utilizar ropa de protección de acuerdo con lo establecido en el Apéndice B (Normativo), y los criterios que a continuación se presentan:

4.6.1 Utilizar equipo de protección respiratoria en cualquiera de las situaciones establecidas en el numeral 4.15.

4.6.2 Para recorridos de observación o inspecciones en zonas con contaminación removible a niveles de 1 a 10 veces los valores en las tablas del Apéndice A (Normativo), pueden usarse batas de laboratorio, cubrezapatos y guantes en lugar del conjunto completo de ropa de protección, cuando el permisionario lo considere necesario.

4.6.3 Cuando se realicen actividades en las que el riesgo de contaminación radiactiva del personal esté limitado a las manos, brazos y porción frontal superior del cuerpo, la ropa de protección radiológica se limitará al uso de batas y guantes, los cuales se deben asegurar a la muñeca para evitar la penetración de la contaminación radiactiva hacia la piel del personal. En caso de que exista riesgo de contaminación radiactiva de los pies, se deben usar cubre zapatos.

4.6.4 Un conjunto completo de ropa de protección consiste de: cubretodo, guantes de algodón, guantes de hule, cubrezapatos de hule, botines, cubrepelo y capucha de tela.

4.6.5 Un doble conjunto de ropa de protección consiste de: un par de cubretodo, guantes de algodón, dos pares de guantes de hule, un par de cubrezapatos de hule, botines, cubrepelo y capucha de tela.

4.6.6 Trabajo ligero. Actividad de poca duración (menor que una hora) que no requiere un esfuerzo físico demandante.

4.6.7 Trabajo pesado. Actividad de larga duración (mayor o igual que una hora) que requiere un esfuerzo físico demandante.

4.7 Los materiales, equipos y herramientas localizados en las zonas contaminadas, con alta contaminación y contaminación suspendida en aire no deben ser transferidos a zonas no contaminadas dentro de la zona controlada, si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

4.7.1 Los niveles de contaminación radiactiva en las superficies accesibles exceden los valores de contaminación removible establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo).

4.7.2 Las condiciones radiológicas bajo las cuales se utilizaron hacen posible que exista contaminación radiactiva en las superficies inaccesibles, en este caso debe asumir que la contaminación removible excede los valores establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo).

4.8 Los materiales, equipos y herramientas que excedan los valores de contaminación removible establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo), pueden ser reubicados dentro de una misma zona controlada o transferidos a otra zona controlada, sólo si se establecen los controles apropiados para evitar la dispersión de la contaminación removible, así como las medidas para el monitoreo de los niveles de radiación.

4.9 Los materiales, equipos y herramientas con contaminación fija que excedan los valores de contaminación total establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo) sólo pueden ser transferidos hacia zonas no contaminadas dentro de una zona controlada, si se cumplen las siguientes condiciones:

4.9.1 Los niveles de contaminación removible estén por debajo de los valores establecidos en dicho Apéndice, y

4.9.2 Se determine la contaminación radiactiva en forma rutinaria y estén claramente marcados y etiquetados para alertar al personal del estado de su contaminación radiactiva.

4.10 Se deben establecer controles que permitan identificar el origen de la contaminación radiactiva de las personas que salgan de la zona controlada, generándose los registros correspondientes.

4.11 Se debe establecer un programa para el control de los materiales, equipos y herramientas para garantizar que:

4.11.1 Se fomenta la reutilización de aquellos que no se hayan retirado de la zona controlada;

4.11.2 Se mantenga el inventario actualizado de los materiales, herramientas y equipos contaminados que se encuentren en la zona controlada;

4.11.3 Se indiquen las condiciones radiológicas de los materiales, equipos y herramientas contaminados, incluyendo los niveles de contaminación fija y removible de los que no estén en uso, y

4.11.4 Los artículos contaminados pueden trasladarse a una zona controlada, previamente habilitada para su segregación, medición de la contaminación radiactiva, acondicionamiento o descontaminación, o almacenamiento en cuyo caso deben tomarse en dicha zona las medidas de seguridad radiológica pertinentes.

4.12 El inventario de los materiales, equipos y herramientas contaminadas debe incluir lo siguiente:

4.12.1 La fecha de ingreso y salida de la zona controlada de dichos artículos,

4.12.2 Las condiciones radiológicas de los mismos como son:

4.12.2.1 Los niveles de contaminación fija o removible;

4.12.2.2 Los niveles de radiación a contacto y a un metro;

4.12.2.3 Los radionúclidos contenidos en los mismos, cuando se conozcan;

4.12.2.4 Especificar su ubicación dentro de la zona controlada, y

4.12.2.5 Cualquier otra característica que facilite su identificación.

4.13 El inventario no debe considerar los materiales, equipos y herramientas contaminados que existan en la zona controlada que sean parte integrante de la instalación o de los procesos que se llevan a cabo en la misma. Cuando éstos sean removidos temporal o definitivamente, se deben incluir en el inventario y sujetarse a los controles radiológicos respectivos.

4.14 Cuando se generen residuos radiactivos que por sus características (dimensiones, cantidad, etc.) no puedan ser contabilizados pieza por pieza, pueden no ser incluidos en el inventario, siempre y cuando se establezcan controles para garantizar que no saldrán inadvertidamente de la zona controlada, que sus niveles de contaminación radiactiva y radiación estén debidamente señalizados ya sea por pieza o en su conjunto vía la utilización de un contenedor y hasta donde sea posible tener control sobre su ubicación dentro de la zona controlada. En caso de utilizarse un contenedor, se debe tener la evidencia documental que detalle el origen y destino de todos los residuos adicionados o retirados del mismo, así como la correspondiente actualización de su contenido en el inventario.

4.15 El personal ocupacionalmente expuesto debe usar equipo de protección respiratoria en las siguientes situaciones:

4.15.1 Cuando se realicen trabajos en zonas con contaminación suspendida en aire, o

4.15.2 Cuando se realicen trabajos que impliquen la apertura de sistemas o componentes contaminados, y se desconozcan las condiciones radiológicas a las que estará expuesto el personal, o

4.15.3 Cuando se realicen trabajos en áreas donde los niveles de contaminación removible sean mayores a 100 veces los valores establecidos en las tablas del Apéndice A (Normativo), o

4.15.4 Cuando por las condiciones de trabajo los niveles de contaminación radiactiva puedan incrementarse por arriba de los que definen una zona con contaminación suspendida en aire.

4.16 El personal ocupacionalmente expuesto puede prescindir del uso de equipo de protección respiratoria, establecido en el numeral 4.15, cuando por cuestiones de optimización del equivalente de dosis efectiva, se demuestre que el uso de dicho equipo implica un mayor equivalente de dosis efectiva. Esta demostración debe realizarse previo a la realización del trabajo y ser documentada incluyendo lo siguiente:

4.16.1 Una descripción del escenario bajo el cual se desarrollará el trabajo, resaltando los elementos importantes para justificar la no utilización de equipo de protección respiratoria;

4.16.2 Las condiciones radiológicas previstas antes y durante el desarrollo del trabajo, incluyendo la justificación de las suposiciones;

4.16.3 El factor de ineficiencia asociado al uso del equipo de protección respiratoria. Se deberá usar un factor máximo de ineficiencia del 15%. Cuando se pretendan utilizar factores mayores, éstos deben justificarse con base en la experiencia o en ejercicios con maquetas;

4.16.4 La memoria de cálculo de la estimación del equivalente de dosis efectiva con equipo de protección respiratoria y sin el mismo. Ejemplos para esta estimación se muestran en el Apéndice C (Informativo), y

4.16.5 Las previsiones para la medición continua o muestreo y análisis oportuno de los niveles de contaminación suspendida en aire presente durante el desarrollo del trabajo y los niveles a los cuales se debe suspender el trabajo como consecuencia de un incremento con respecto a los considerados en la justificación. Cuando existan condiciones ajenas a las radiológicas, que impliquen el uso de equipos de protección respiratoria, debe cumplirse lo establecido en la normativa aplicable.

4.17 A fin de propiciar la mejora continua de los procedimientos de trabajo, se debe evaluar y documentar al menos una vez al mes la efectividad del control de la contaminación radiactiva en la instalación mediante el análisis de la tendencia de indicadores tales como:

4.17.1 Cantidad de personas con contaminación radiactiva en piel y en ropa,

4.17.2 Cantidad de zonas con contaminación radiactiva y alta contaminación,

4.17.3 Área promedio de las zonas contaminadas,

4.17.4 Área promedio de las zonas con alta contaminación,

4.17.5 Cantidad de derrames,

4.17.6 Tipo de emisión radiactiva.

4.18 Sólo se permitirá el reúso de aquella ropa de protección lavada que presente niveles de contaminación fija menores o iguales a:

4.18.1 16.7×10^{-1} Bq/cm² para emisores beta-gamma;

4.18.2 16.7×10^{-2} Bq/cm² para transuránicos y otros emisores alfa, y

4.18.3 16.7×10^{-1} Bq/cm² para el uranio.

4.19 Los equipos de protección previamente descontaminados que entren en contacto con el personal que los utilizará, así como cualquier otro aditamento que se utilice en las mismas circunstancias, no deben exceder los valores establecidos en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) para contaminación total.

5. Determinación de la contaminación radiactiva

5.0 La presencia de una sustancia radiactiva sobre una superficie se considera contaminación si está presente en cantidades superiores a:

- 0.4 Bq/cm² en el caso de emisiones beta y gamma, o
- 0.04 Bq/cm², en el caso de emisiones alfa, ésta puede ser fija o removible.

5.1 La determinación de la contaminación radiactiva puede hacerse conforme a los procedimientos indicados en los apéndices D (Informativo), E (informativo) y F (Normativo).

5.2 Los instrumentos utilizados en la medición deben ser adecuados para el tipo de radiación, tener una respuesta en energía que cubra el intervalo de interés, estar calibrados, y haberse verificado previamente su funcionamiento.

5.3 Independientemente del procedimiento que se utilice para determinar la contaminación removible, se debe cumplir con lo siguiente:

5.3.1 Frotar con papel filtro seco, papel o tela absorbente o con un material absorbente adecuado sobre un área de 100 cm²,

5.3.2 En caso de objetos cuya área superficial sea menor a 100 cm², el nivel de contaminación radiactiva por unidad de área se debe basar en el área total y en consecuencia debe frotarse la superficie completa, y

5.3.3 Las lecturas de contaminación radiactiva tomadas con frotis con papel filtro seco, deben multiplicarse por un factor de 5, debido a que se considera que se remueve sólo el 20% de material contaminante.

5.4 Independientemente del procedimiento que se utilice para determinar la contaminación fija más la removible directamente sobre la superficie, se debe cumplir con lo siguiente:

5.4.1 Para emisores alfa el detector no debe colocarse a más de 1 cm de distancia de la superficie que se está explorando y debe desplazarse lentamente, de tal forma que permita la respuesta adecuada del mismo (debe tenerse en cuenta que cualquier material con un espesor másico aproximado de 5 mg/cm² absorbe completamente las partículas alfa de 5 MeV),

5.4.2 Para emisores beta-gamma, el detector debe colocarse a una distancia no mayor a 5 cm de la superficie a examinar y desplazarse lentamente, de tal forma que permita la respuesta adecuada del mismo (debe tenerse en cuenta que algunos detectores beta-gamma tienen un blindaje móvil que cuando está "cerrado" evita que la radiación beta llegue al detector).

5.5 Para determinar la contaminación radiactiva debida a emisores beta de baja energía, deben utilizarse detectores Geiger, con ventana delgada (aprox. 2 mg/cm²), detectores proporcionales de flujo de gas sin ventana o detectores por centelleo líquido.

Para contaminación radiactiva debida al tritio o a emisores beta puros con energía máxima, menor a 70 keV, no debe utilizarse el detector Geiger portátil, se deben tomar frotis de la superficie contaminada y colocarlos en un centellador líquido o en un sistema alternativo para la medición de su actividad, que tenga la capacidad para cuantificar este tipo de emisores.

6. Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto en la presente Norma Oficial Mexicana está a cargo de la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, conforme a sus respectivas atribuciones y bajo lo dispuesto en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear. Asimismo, las sanciones que correspondan, serán aplicadas en los términos de la legislación aplicable.

7. Procedimiento de evaluación de la conformidad

7.1 La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se realizará por parte de la Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y/o por las personas acreditadas y aprobadas en los términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad y su Reglamento.

7.2 La evaluación de la conformidad se llevará a cabo por medio de verificaciones visuales y documentales, mediciones y entrevistas, para constatar que se cumplen los requisitos establecidos en la presente Norma.

7.2.1 Se debe efectuar una revisión documental de los registros para determinar si las actividades que se realizan con material radiactivo se planifican, para minimizar la contaminación radiactiva.

7.2.2 Se debe verificar el proceso que sigue el permisionario para determinar la posible contaminación radiactiva en las zonas de trabajo.

7.2.3 Se debe verificar que el permisionario mantiene el control correspondiente de la contaminación radiactiva, según corresponda, en: zonas contaminadas, zonas con alta contaminación y zonas con contaminación suspendida en aire, equipos y personal, de conformidad con lo establecido en la presente Norma.

7.2.4 Se debe verificar documental y visualmente que las zonas se encuentran debidamente clasificadas y señalizadas de acuerdo con lo establecido en la presente Norma.

7.2.5 Se debe verificar visual y documentalmente que se realizan y mantienen los registros indicados en la presente Norma.

8. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna Norma Internacional, por no existir esta última al momento de elaborar la norma.

Apéndice A (Normativo)

Valores de contaminación superficial

Tabla A.1. Valores de contaminación superficial para transferir materiales, equipos y herramientas a zonas no controladas

RADIONÚCLIDOS	CONTAMINACIÓN REMOVIBLE (Bq/cm ²)	CONTAMINACIÓN TOTAL (FIJA + REMOVIBLE) (Bq/cm ²)
U-natural, 235U, 238U y sus productos de decaimiento asociados.	16.7 X 10 ⁻²	83 X 10 ⁻²
Transuránicos, 226Ra, 228Ra, 230Th, 228Th, 231Pa, 227Ac, 125I y 129I.	33 X 10 ⁻⁴	83 X 10 ⁻³
Th-natural, 232Th, 90Sr, 223Ra, 224Ra, 232U, 126I, 131I y 133I.	33 X 10 ⁻³	16.7 X 10 ⁻²
Emisores beta-gamma, excepto los indicados en otras filas de esta tabla. *	0.4	0.4
Tritio y compuestos tritiados.	16.7 X 10 ⁻¹	No aplica

Nota 1: Los niveles pueden ser promediados sobre un metro cuadrado siempre y cuando la actividad superficial máxima en cualquier área de 100 cm², sea menor a tres veces los valores para contaminación total.

Nota 2: Cuando exista contaminación superficial por radionúclidos emisores alfa y beta, los valores de contaminación establecidos se aplican de forma independiente.

* Esta categoría de radionúclidos incluye productos de fisión mixtos, incluido el Sr-90 que está presente en ellos. No se aplica al Sr-90 que se ha separado de los otros productos de fisión o mezclas donde el Sr-90 se ha enriquecido.

Apéndice B (Normativo)

Criterios para la selección de ropa de protección

TRABAJO/ACTIVIDAD	NIVELES DE CONTAMINACIÓN REMOVIBLE		
	BAJA De 1 a 10 veces los valores de las tablas del Apéndice A	MODERADA De más de 10 a 100 veces los valores de las tablas del Apéndice A	ALTA Mayor a 100 veces los valores de las tablas del Apéndice A
Trabajo ligero	Conjunto completo de ropa de protección	Conjunto completo de ropa de protección	Doble conjunto de ropa de protección
Trabajo pesado	Conjunto completo ropa de protección (en caso necesario, utilizar guantes de uso rudo)	Doble conjunto ropa de protección (en caso necesario, utilizar guantes de uso rudo)	Doble conjunto de ropa de protección (en caso necesario, utilizar guantes de uso rudo)
Trabajo con líquidos presurizados, apertura de sistemas cerrados o en ambientes húmedos	Conjunto completo de ropa de protección impermeable	Doble conjunto ropa de protección (el conjunto exterior debe ser impermeable), botas de hule	Doble conjunto ropa de protección (el conjunto exterior debe ser impermeable), botas de hule

Apéndice C (Informativo)

Ejemplos de estimaciones del equivalente de dosis efectiva, con y sin equipo de protección respiratoria

En los siguientes ejemplos se utilizarán los acrónimos:

cpr: Con protección respiratoria.

spr: Sin protección respiratoria.

HE,50: Equivalente de Dosis Efectiva Comprometida (Interna).

H: Equivalente de Dosis (Externa).

HE: Equivalente de Dosis Efectiva.

CDA: Concentración Derivada en Aire.

FI: Factor de Ineficiencia.

FP: Factor de Protección.

El equivalente de dosis efectiva comprometida, utilizando equipo de protección respiratoria, se estima de la siguiente forma:

$$HE_{50\ cpr} = (HE_{50\ spr} / FP)$$

C.1 CDA-h equivale a 25µSv, calculado de acuerdo con lo establecido en NOM-041-NUCL-2013, Límites anuales de incorporación y concentraciones en liberaciones, o la que la sustituya.

El Factor de Ineficiencia (FI) es un porcentaje adicional del tiempo estimado para realizar una actividad, debido al uso de equipo de protección respiratoria, con el consecuente aumento de dosis.

El Factor de Protección (FP), es un valor que indica la reducción de incorporación de material radiactivo por hacer uso de la máscara respiratoria; se refiere al nivel de protección respiratorio esperado en el lugar de trabajo que sería proporcionado por un respirador que funcione correctamente o una clase de respiradores para usuarios capacitados y debidamente equipados.

Ejemplo 1. Alta tasa de dosis externa y alta concentración suspendida en aire

Se estima que la contaminación suspendida en aire promedio en un área de trabajo es de 30 veces la CDA para la mezcla de radionúclidos presentes basado en datos históricos. La razón de equivalente de dosis efectiva en el área de trabajo es de 2mSv/h y se ha proyectado que el trabajo dure una hora.

C.1.1 Evaluación del equivalente de dosis efectiva sin equipo de protección respiratoria:

$$HE_{T(spr)} = HE_{spr} + HE_{50spr}$$

$$HE_{spr} = (2\text{ mSv/h}) \cdot (1\text{ h}) = 2\text{ mSv}$$

$$HE_{50\ spr} = (30\text{ CDA}) \cdot (1\text{ h}) \cdot [(25\mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 750\ \mu\text{Sv}$$

$$HE_{T(spr)} = 2\text{ mSv} + 0.75\text{ mSv} = 2.75\text{mSv}$$

C.1.2 Evaluación del equivalente de dosis efectiva con equipo de protección respiratoria:

Con equipo de protección respiratoria de mascarilla (FP = 100), usando el factor de ineficiencia de 15%.

$$HE_{T(cpr)} = HE_{(cpr)} + HE_{50(cpr)}$$

$$H_{cpr} = (2 \text{ mSv/h}) \cdot (1.15 \text{ h}) = 2.3 \text{ mSv}$$

$$HE_{50_{cpr}} = [(30 \text{ CDA}) / (100)] \cdot (1.15 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 8.625 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{T(cpr)} = 2.3 \text{ mSv} + 0.0086 \text{ mSv} = 2.3086 \text{ mSv}$$

La diferencia positiva $HE_{T(spr)} - HE_{T(cpr)} = 2.75 \text{ mSv} - 2.3086 \text{ mSv} = 0.441 \text{ mSv}$ indica que existe ahorro de dosis por lo que se debe usar equipo de protección respiratoria.

Ejemplo 2. Alta tasa de dosis externa y baja concentración suspendida en aire

Se estima que la concentración suspendida en aire promedio en un área de trabajo es de 2 veces la CDA para la mezcla de radionúclidos presentes basado en datos históricos. La razón de equivalente de dosis efectiva en el área de trabajo es de 1.8 mSv/h y se ha proyectado que el trabajo dure 4 horas.

C.2.1 Evaluación sin equipo de protección respiratoria:

$$H_{spr} = (1.8 \text{ mSv/h}) \cdot (4 \text{ h}) = 7.2 \text{ mSv}$$

$$HE_{50_{spr}} = (2 \text{ CDA}) \cdot (4 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 0.2 \text{ mSv}$$

$$HE_{spr} = 7.2 \text{ mSv} + 0.2 \text{ mSv} = 7.4 \text{ mSv}$$

C.2.2 Evaluación con equipo de protección respiratoria:

Con equipo de protección respiratoria de mascarilla (FP = 100), usando el factor de ineficiencia de 15%.

$$H_{cpr} = (1.8 \text{ mSv/h}) \cdot (4.6 \text{ h}) = 8.28 \text{ mSv}$$

$$HE_{50_{cpr}} = [(2 \text{ CDA}) / (100)] \cdot (4.6 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 2.3 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{cpr} = 8.28 \text{ mSv} + 0.0023 \text{ mSv} = 8.2823 \text{ mSv}$$

La diferencia negativa $HE_{spr} - HE_{cpr} = 7.4 \text{ mSv} - 8.28 \text{ mSv} = -0.88 \text{ mSv}$ indica que no hay ahorro de dosis por lo que no es necesario usar equipo de protección respiratoria.

Ejemplo 3. Baja tasa de dosis externa y alta concentración suspendida en aire

Se estima que la concentración suspendida en aire promedio en un área de trabajo es de 20 veces la CDA para la mezcla de radionúclidos presentes basado en datos históricos. La razón de equivalente de dosis efectiva en el área de trabajo es de 30 μSv/h y se ha proyectado que el trabajo dure 2 horas.

C.3.1 Evaluación sin equipo de protección respiratoria:

$$H_{spr} = (30 \mu\text{Sv/h}) \cdot (2 \text{ h}) = 60 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{50_{spr}} = (20 \text{ CDA}) \cdot (2 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 1 \text{ mSv}$$

$$HE_{spr} = 0.06 \text{ mSv} + 1 \text{ mSv} = 1.06 \text{ mSv}$$

C.3.2 Evaluación con equipo de protección respiratoria:

Con equipo de protección respiratoria de mascarilla (FP = 100), usando un factor de ineficiencia de 15%.

$$H_{cpr} = (30 \mu\text{Sv/h}) \cdot (2.3 \text{ h}) = 0.069 \text{ mSv}$$

$$HE_{50_{cpr}} = [(20 \text{ CDA}) / (100)] \cdot (2.3 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 11.5 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{cpr} = 0.069 \text{ mSv} + 0.0115 \text{ mSv} = 0.0805 \text{ mSv}$$

La diferencia positiva $HE_{spr} - HE_{cpr} = 1.06 \text{ mSv} - 0.0805 \text{ mSv} = 0.979 \text{ mSv}$ indica que existe ahorro de dosis por lo que se debe usar equipo de protección respiratoria.

Ejemplo 4. Baja tasa de dosis externa y baja concentración suspendida en aire

Se estima que la concentración suspendida en aire promedio en un área de trabajo es de 2 veces la CDA para la mezcla de radionúclidos presentes basado en datos históricos. La razón de equivalente de dosis efectiva en el área de trabajo es de 100 μSv/h y se ha proyectado que el trabajo dure 2 horas.

C.4.1 Evaluación sin equipo de protección respiratoria:

$$H_{spr} = (100 \mu\text{Sv/h}) \cdot (2 \text{ h}) = 200 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{50_{spr}} = (2 \text{ CDA}) \cdot (2 \text{ h}) \cdot [(25 \mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})] = 100 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{spr} = 200 \mu\text{Sv} + 100 \mu\text{Sv} = 300 \mu\text{Sv}$$

C.4.2 Evaluación con equipo de protección respiratoria:

Con equipo de protección respiratoria de mascarilla (FP = 100), usando un factor de ineficiencia de 15%.

$$H_{cpr} = (100 \mu\text{Sv/h}) \cdot (2.3 \text{ h}) = 230 \mu\text{Sv}$$

$$HE_{50\text{ cpr}} = [(2\text{ CDA}) / (100)] \cdot (2.3\text{ h}) \cdot [(25\mu\text{Sv}) / (\text{CDA-h})]. 1.15\ \mu\text{Sv}$$

$$HE_{\text{cpr}} = 230\ \mu\text{Sv} + 1.15\ \mu\text{Sv} = 231.15\ \mu\text{Sv}$$

La diferencia positiva $HE_{\text{spr}} - HE_{\text{cpr}} = 300\ \mu\text{Sv} - 231.15\ \mu\text{Sv} = 68.85\ \mu\text{Sv}$ indica que existe ahorro de dosis por lo que se debe usar equipo de protección respiratoria.

Apéndice D (Informativo)

Procedimiento para la medición directa de la contaminación superficial fija + removible (Bq/cm²)

D.1 Prerrequisitos

D.1.1 El instrumento de medición debe tener calibración vigente realizada por un laboratorio acreditado para tal fin.

D.1.2 Debe verificar el buen funcionamiento del instrumento, de acuerdo a lo establecido en la NOM-012-NUCL-2016, vigente o la que la sustituya.

D.1.3 La persona que realizará la medición de la contaminación radiactiva debe poseer la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo dicha medición y para identificar y considerar factores que influyen en determinar la contaminación radiactiva.

D.1.4 En lo posible, la calibración del instrumento debe considerar las condiciones de su utilización en campo, tales como:

D.1.4.1 Radionúclido o radionúclidos contaminantes, tipos de radiación presentes (alfa, beta o gamma) y energías asociadas.

D.1.4.2 Características de las superficies contaminadas.

D.2 Procedimiento

D.2.1 Revisar la información de calibración contenida en el reporte de calibración correspondiente y, en su caso, en la etiqueta de calibración.

D.2.2 Revisar la información de la última verificación del instrumento, fecha, condiciones y resultado de la prueba.

D.2.3 Evaluar el o los radionúclidos contaminantes presentes o que podrían estar presentes, para decidir qué instrumento es el más conveniente de utilizar.

D.2.4 Obtener lecturas del fondo donde la radiación ambiental (no natural) y de contaminación no influyan en la medición.

D.2.5 Con el instrumento o con su sonda, realizar la medición de la superficie contaminada sin hacer contacto con ésta, manteniendo el instrumento a una distancia de la superficie en concordancia con la distancia indicada en 5.4.1 y 5.4.2, a una velocidad apropiada de acuerdo a las características y capacidades del instrumento que se utilice; obtener la lectura de la superficie contaminada.

D.2.6 Obtener la lectura neta restando el valor del fondo al valor de la lectura obtenida. Utilizar la información de la calibración (eficiencia en función de la energía) del instrumento para convertir la medición corregida por fondo (lectura neta), dada usualmente en rapidez de conteo, a un valor de actividad para después obtener el valor de contaminación superficial en Bq/cm². A continuación, se muestra un ejemplo de la obtención de una lectura de contaminación fija + removible en Bq/cm².

Una sonda Geiger Müller de tipo "pancake" con un diámetro de 4.37 cm, es utilizada para verificar la no-existencia de contaminación superficial. El promedio de 3 mediciones resulta en 450 cuentas por minuto (cpm). La eficiencia del detector es del 4%.

Se realizará una medición del fondo que resulta en 50 cpm.

Para cada uno de los tipos de radiación que se esté midiendo, la determinación de la contaminación radiactiva en Bq/cm² se realizará de la siguiente manera:

a) Se resta el fondo de la lectura promedio para obtener el conteo neto

$$\text{Conteo Neto promedio} = 450\text{ cpm} - 50\text{ cpm} = 400\text{ cpm}$$

Se divide el conteo neto entre la eficiencia del detector para obtener las desintegraciones por minuto (recordar que la eficiencia es la relación entre el número de sucesos registrado por el detector y el número de sucesos emitidos por la fuente).

$$\text{Actividad promedio} = 400\text{ cpm} / 0.04 = 10,000\text{ desintegraciones por minuto (dpm)}$$

b) Se obtiene el área del detector o su sonda, para después calcular la actividad promedio por unidad de área.

$$\text{Área del detector} = \pi r^2 = \pi (D/2)^2 = \pi (4.37)^2 / 4 = 15\text{ cm}^2$$

Con r = radio del detector y D = diámetro del detector.

c) Por lo tanto, la actividad en dpm por unidad de área es:

$$\text{Actividad superficial} = 10,000\text{ dpm} / 15\text{ cm}^2 = 666.67\text{ dpm/cm}^2$$

d) Por último, se pasa de minutos a segundos para obtener desintegraciones por segundo o Bq.

$$\text{Actividad superficial} = (666.67\text{ dpm/cm}^2) (1\text{ min}/60\text{ s}) = 11.11\text{ Bq/cm}^2$$

De no haber consideraciones adicionales que puedan influir en el resultado, este último valor es el que debería comparar con los valores establecidos en la Norma para contaminación fija + removible.

D.2.7 Evaluar el resultado, es decir, decidir si existen factores que puedan influenciar el resultado, tales como curvatura de la superficie, "auto-absorción", superficie rugosa o áspera, superficie húmeda, tipo de radiación, etc.

D.2.8 Registrar el resultado y documentar las consideraciones que lo avalan, tomando en cuenta la incertidumbre. Comparar el resultado con los valores establecidos en la Norma o con las expectativas basadas en mediciones previas según se requiera.

Apéndice E (Informativo)

Procedimiento para la medición removible por frotis (Bq/cm²)

E.1 Prerrequisitos

E.1.1 El instrumento de medición debe tener calibración vigente realizada por un laboratorio acreditado para tal fin.

E.1.2 Contar con papel filtro o papel para frotis libre de contaminación radiactiva.

E.1.3 Debe verificar el buen funcionamiento del instrumento, de acuerdo a lo establecido en la NOM-012-NUCL-2016, vigente o la que la sustituya.

E.1.4 La persona que realizará la medición de la contaminación radiactiva por frotis debe poseer la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo dicha medición y para identificar y considerar sobre los factores que influyen en la determinación de la contaminación radiactiva.

E.1.5 En lo posible, la calibración del instrumento debe considerar las condiciones de su utilización en campo, tales como:

E.1.5.1 Radionúclido o radionúclidos contaminantes, tipos de radiación presentes (alfa, beta o gamma) y energías asociadas.

E.2 Procedimiento

E.2.1 Revisar la información de calibración contenida en el reporte de calibración correspondiente y, en su caso, en la etiqueta de calibración.

E.2.2 Revisar la información de la última verificación del instrumento, fecha, condiciones y resultado de la prueba.

E.2.3 Evaluar el o los radionúclidos contaminantes presentes o que podrían estar presentes, para decidir qué instrumento es el más conveniente de utilizar.

E.2.4 Obtener lecturas del fondo del lugar en donde se va a realizar la medición del papel filtro.

E.2.5 Frotar con el papel filtro la superficie contaminada. Si se desea hacer una estimación cuantitativa de la actividad superficial, entonces el área de la superficie frotada debe ser conocida.

E.2.6 Se debe aplicar un factor de arrastre (o de eficiencia del frotis) del 20%, es decir, asumir que la actividad adherida al papel filtro es un 20% de la actividad removible presente.

E.2.7 Obtener la lectura de la contaminación radiactiva transferida al papel filtro con un instrumento adecuado para tal fin.

E.2.8 Obtener la lectura neta restando el valor del fondo al valor de la lectura obtenida. Utilizar la información de la calibración (eficiencia en función de la energía) del instrumento para convertir la medición corregida por fondo, dada usualmente en rapidez de conteo, a un valor de actividad para después obtener el valor de contaminación superficial en Bq/cm². A continuación, se muestra un ejemplo de la obtención de una lectura de contaminación removible en Bq/cm².

Se requiere verificar la no-existencia de contaminación removible en una superficie de trabajo con un área de 100 cm², se toma un frotis con un papel filtro en dicha área, la medición de actividad en el papel filtro da un resultado de 320 cuentas por minuto (cpm). La eficiencia del detector es del 8%.

Se realiza una medición del fondo que resulta en 10 cpm.

La determinación de la contaminación removible en Bq/cm² se realiza de la siguiente manera:

a) A la lectura promedio se le resta el fondo, para obtener el conteo neto

$$\text{Conteo Neto promedio} = 320 \text{ cpm} - 10 \text{ cpm} = 310 \text{ cpm}$$

Se divide el conteo neto entre la eficiencia del detector para obtener las desintegraciones por minuto (recordar que la eficiencia es la relación entre el número de sucesos registrado por el detector y el número de sucesos emitidos por la fuente).

$$\text{Actividad transferida} = 310 \text{ cpm} / 0.08 = 3,875 \text{ desintegraciones por minuto (dpm)}$$

b) Como se asume un factor de arrastre del 20%, entonces se multiplica por 5 la actividad transferida para obtener la actividad total.

$$\text{Actividad Total} = (3,875 \text{ dpm}) (5) = 19,375 \text{ dpm}$$

c) Como el área frotada con el papel filtro fue de 100 cm², entonces la actividad superficial es:

$$\text{Actividad superficial} = 19,375 \text{ dpm} / 100 \text{ cm}^2 = 193.75 \text{ dpm/cm}^2$$

d) Por último, se pasa de minutos a segundos para obtener desintegraciones por segundo o Bq.

$$\text{Actividad superficial} = (193 \text{ dpm/cm}^2) (1 \text{ min}/60 \text{ s}) = 3.21 \text{ Bq/cm}^2$$

De no haber consideraciones adicionales que puedan influir en el resultado, este último valor es el que debería comparar con los valores establecidos en la Norma para contaminación removible.

E.2.9 Evaluar el resultado, es decir, decidir si existen factores que puedan influenciar el resultado, tales como "auto-absorción", presencia de humedad, tipo de radiación, etc.

E.2.10 Registrar el resultado y documentar las consideraciones que lo avalan, tomando en cuenta la incertidumbre. Comparar el resultado con los valores establecidos en la Norma o con las expectativas basadas en mediciones previas según se requiera.

Apéndice F (Normativo)

Procedimiento para la medición de contaminación personal

F.1 Para la exploración de contaminación radiactiva personal, con equipo portátil, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

F.1.1 Los instrumentos de medición con alarma de umbral, deberán ajustarse de tal forma que permitan advertir cuando se han rebasado los valores establecidos en la presente norma. En caso de que los instrumentos de medición no cuenten con alarma de umbral, el personal que realice la medición debe conocer cuál es el valor que corresponde a dichos valores y estar atento a su lectura en el instrumento para identificar su rebase;

F.1.2 Realizar la exploración de las manos antes de tomar el detector, éste debe estar colocado de tal forma que permita el automonitoreo;

F.1.3 El detector debe colocarse a la distancia indicada en los numerales 5.4.1 o 5.4.2, de la superficie que se está explorando;

F.1.4 El detector debe moverse sobre la superficie de tal forma que permita la respuesta adecuada del mismo;

F.1.5 Si durante la exploración se incrementa la lectura, debe hacerse una pausa de entre 5 y 10 segundos y explorar nuevamente la superficie, dando el tiempo suficiente para que responda el instrumento, y

F.1.6 Se debe notificar de inmediato al personal de protección radiológica, o al Encargado de Seguridad Radiológica en caso de que la razón de conteo se incremente por encima de los valores establecidos, para que tome las acciones necesarias de conformidad con los procedimientos de la instalación.

F.2 La exploración de contaminación personal, con equipo portátil, debe realizarse en el siguiente orden:

F.2.1 Cabeza (haciendo pausa en boca y nariz por aproximadamente 5 segundos);

F.2.2 Nuca y hombros;

F.2.3 Brazos (haciendo pausa en cada codo por aproximadamente 5 segundos);

F.2.4 Pecho y abdomen;

F.2.5 Espalda y cadera;

F.2.6 Piernas (haciendo pausa en cada rodilla por aproximadamente 5 segundos);

F.2.7 Tobillos;

F.2.8 Suelas de los zapatos (haciendo pausa en cada una por aproximadamente 5 segundos), y

F.2.9 Dosímetro personal y suplementario.

9. Bibliografía

- México. Leyes, etc. 1988. Reglamento General de Seguridad Radiológica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 1988.
- Organismo Internacional de Energía Atómica. 1970. Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces. Vienna, OIEA. 33p. (OIEA. Technical Reports Series No. 120).
- DOE-STD-1098-2008. Radiological Control. October 2008. U.S. Department of Energy. Washington, D.C. 20585.
- United States of America. Code of Federal Regulations. Title 10 part 835. Occupational Radiation Protection. Subpart E - Monitoring in the work place. Appendix D to part 835 - Surface radioactivity values (2008).
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida, publicada en Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-0041 Rev. 1. Manual of Respiratory Protection Against Airborne radioactive Material. 2000.
- Guide for Radiological Laboratories for the Control of Radioactive Contamination and Radiation Exposure. 2012
- ISO 7503-1: 1998, Evaluation of Surface contamination, Part 1: Beta-emitters (maximum energy greater than 0.15 MeV and alpha-emitters).

TRANSITORIOS

PRIMERO. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales contados a partir del día natural inmediato siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. A la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana, se DEROGA la Norma Oficial Mexicana NOM-008-NUCL-2011, "Control de la contaminación radiactiva" publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de octubre de 2011.

Ciudad de México, a 12 de marzo de 2024.- Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Alejandro Núñez Carrera.**- Rúbrica.

