

Guía de Seguridad 10.12 (Rev. 1)

Control radiológico de actividades de recuperación y reciclado de chatarras, y de otras actividades relacionadas con la gestión de las fuentes huérfanas

CSN

Colección Guías de Seguridad del CSN

- 1 Reactores de Potencia y Centrales Nucleares
- 2 Reactores de Investigación y Conjuntos Subcríticos
- 3 Instalaciones del Ciclo del Combustible
- 4 Vigilancia Radiológica Ambiental
- 5 Instalaciones y Aparatos Radiactivos
- 6 Transporte de Materiales Radiactivos
- 7 Protección Radiológica
- 8 Protección Física
- 9 Gestión de Residuos
- 10 Varios**
- 11 Radiación Natural

Guía de Seguridad 10.12 (Rev. 1)

**Control radiológico de actividades de
recuperación y reciclado de chatarras,
y de otras actividades relacionadas con
la gestión de las fuentes huérfanas**

Madrid, 5 de febrero de 2025

Colección: Guías de Seguridad
Referencia: GSG-10.12 (Rev. 1)

© Copyright Consejo de Seguridad Nuclear, 2025

Publicado y distribuido por:
Servicio de Publicaciones
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid
<http://www.csn.es>
peticiones@csn.es

Maquetación e Impresión:
Grupo Editorial Cinca, S.A.
General Ibáñez Ibero, 5-A, 28003 Madrid
Tel.: 91 553 22 72
grupoeditorial@edicionescinca.com
www.edicionescinca.com

Depósito legal: M-9079-2025



Impreso en papel reciclado

Índice

Prólogo	5
1. Objeto y ámbito de aplicación	8
1.1. Objeto	8
1.2. Ámbito de aplicación	8
2. Definiciones	9
3. Consideraciones generales	9
4. Prevención	11
4.1. Ámbito de aplicación de las medidas de prevención	11
4.1.1. Medidas de prevención en la recolección de la chatarra	12
4.1.2. Medidas de prevención en las instalaciones de almacenamiento y manipulación de la chatarra y otros materiales metálicos	13
4.1.3. Medidas de prevención en las instalaciones de procesamiento de materiales metálicos (incluida la fundición) y otras instalaciones	13
4.1.4. Medidas de prevención en los acuerdos contractuales para el suministro de chatarra y otros materiales metálicos	14
4.1.5. Medidas preventivas en el almacenamiento y manipulación de mercancías en puertos marítimos y otros lugares importantes de tránsito	15
4.1.6. Medidas preventivas en cualquier instalación no incluida entre las anteriores, que pueda verse afectada por la problemática de fuentes huérfanas, por ejemplo: incineradoras de residuos, vertederos, plantas de tratamiento de residuos especiales, etc.	15
4.2. Organización y procedimientos de prevención	15
4.3. Entidades de asesoramiento especializado en PR para fuentes huérfanas	17
4.3.1. Actividades	17
4.3.2. Personal	18
4.3.3. Medios técnicos	18
5. Detección de la presencia de material radiactivo en la chatarra y otros materiales	19
5.1. Equipos para la detección	19
5.2. Requisitos técnicos de los equipos de detección	21
5.2.1. Pórticos	21
5.2.2. Equipos portátiles	22
5.3. Verificaciones y calibraciones de los equipos	22
5.3.1. Proceso inicial en la instalación	23
5.3.2. Tipos de verificación periódica de los pórticos	23
5.3.3. Proceso de verificación de pórticos	25
5.4. Sistemática del proceso de detección	26
5.5. Niveles de investigación	28
5.6. Lugares de detección	28

6. Detección de la presencia de contaminación radiactiva en los productos: metal, escoria, polvo de humos y otros productos	29
6.1. Metal	29
6.2. Escoria	29
6.3. Polvo de humos	30
6.4. Otros productos	30
7. Reacción en el caso de detección de material radiactivo	31
7.1. Detección de material radiactivo en un cargamento de material a la entrada de la instalación	31
7.1.1. Actuaciones iniciales	31
7.1.2. Segregación e identificación del material radiactivo	32
7.1.3. Cualificación y cuantificación de material radiactivo	33
7.1.4. Acondicionamiento y aislamiento de material radiactivo	34
7.2. Detección de material radiactivo en los productos resultantes del proceso de fundición o fragmentación de los materiales metálicos y otros materiales	35
7.2.1. Actuaciones iniciales	35
7.2.2. Evaluación del alcance de la contaminación	35
7.3. Plan de limpieza y descontaminación de la instalación tras la detección de material radiactivo en los productos resultantes del proceso de fundición o fragmentación de los materiales metálicos y otros materiales	37
7.3.1. Objetivos o criterios radiológicos del plan	38
7.3.2. Descripción de los trabajos de limpieza y descontaminación	39
7.3.3. Personal encargado de la limpieza y descontaminación	40
7.3.4. Protección radiológica durante la limpieza y descontaminación	40
7.3.5. Plan de pruebas a realizar tras la limpieza y descontaminación	41
7.3.6. Gestión de residuos generados. Caracterización de residuos radiactivos	42
7.3.7. Gestión de residuos generados. Acondicionamiento y almacenamiento temporal de residuos radiactivos	42
7.3.8. Informe final de actuaciones derivadas del plan	43
7.3.9. Normalización de la instalación	45
7.4. Actuaciones especiales de emergencia	45
7.5. Gestión final de material radiactivo: Retirada de residuos radiactivos	46
7.5.1. Materiales generados a partir de una detección	46
7.5.2. Materiales generados en labores de descontaminación	47
8. Información al CSN	47
9. Registros y archivo	48
10. Referencias	50
11. Anexos	52

Prólogo

La prevención y la limitación de los riesgos en cualquier actividad industrial es objeto de atención preferente en diversas disposiciones normativas genéricas o específicas de distinto rango, que usualmente, y entre los riesgos relacionados con la seguridad industrial, incluyen referencias a los riesgos asociados a los materiales radiactivos.

Si bien existe una regulación específica para las instalaciones nucleares y radiactivas, en la práctica se ha podido constatar que existen también riesgos de carácter radiológico en otras actividades fuera del mencionado ámbito.

Este es el caso de las actividades industriales relacionadas con la recuperación, almacenamiento o manipulación de materiales metálicos para su reciclado, en las que la posible presencia inadvertida de materiales radiactivos en las chatarras que estas industrias utilizan como materia prima, así como su eventual fundición o rotura, puede dar lugar a la contaminación de las personas, el medio ambiente, las instalaciones industriales y los productos resultantes.

Por otra parte, existen otras actividades que podrían verse afectadas por la problemática del material radiactivo fuera de control regulador (lugares y circunstancias en las que pueden encontrarse fuentes huérfanas), en las que se aplicarían los mismos principios que para las instalaciones de recuperación y reciclado de materiales metálicos, adaptados a las situaciones que se presenten.

El uso de los materiales nucleares y las diversas aplicaciones de la radiactividad han sido sometidos desde sus inicios a estrictos controles en la mayoría de los países. Sin embargo, desde finales del siglo pasado, se ha detectado frecuentemente la presencia de materiales radiactivos en las chatarras y en algunas ocasiones su procesamiento inadvertido ha supuesto la contaminación de las instalaciones y el consiguiente riesgo radiológico para las personas y para el medio ambiente.

Estas circunstancias motivaron la preocupación internacional y la aparición de iniciativas fundamentalmente de carácter preventivo en numerosos países, así como el reforzamiento de las medidas tendentes a la detección y lucha contra el tráfico ilícito de los materiales nucleares y radiactivos.

En este marco, resulta generalmente aceptado que cualquier iniciativa, tanto de carácter nacional como internacional, tendente a reducir la probabilidad de aparición de riesgos radiológicos para las personas y para el medio ambiente, debe configurarse en torno a tres niveles de acción fundamentales: la prevención, la detección y la reacción.

La prevención es el nivel de acción más importante y se materializa en la adopción de medidas de carácter general tanto en el ámbito internacional como en el nacional, así como medidas de carácter particular reflejadas en los propios planes de prevención de las empresas o entidades que pudieran ser potencialmente afectadas.

Las infraestructuras jurídicas y técnicas de los países, la protección de los materiales y la adopción de las medidas necesarias para lograr la seguridad de las fuentes y materiales radiactivos y el control de su importación y exportación, son los medios más eficaces para prevenir su tráfico ilícito.

En el sector del reciclado de metales, dado el carácter transnacional del mercado de la chatarra y la marcada dependencia importadora del sector recuperador, resultan trascendentales las actuaciones específicas de todos los agentes involucrados encaminadas a la prevención, la detección y la reacción ante la eventual aparición de fuentes o materiales radiactivos en cualquiera de sus procesos.

En la vertiente de las actuaciones de prevención ya implantadas en España, se sitúan los siguientes instrumentos (normativa y acuerdos voluntarios):

1. El Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos, suscrito voluntariamente en 1999 por diversos órganos de la administración española, agentes involucrados en el sector de la recuperación y reciclado de metales y otras organizaciones relevantes en la materia. El protocolo mencionado detalla los compromisos específicos, de carácter eminentemente organizativo y de infraestructura, asumidos por las partes firmantes, con el objetivo de planificar las actuaciones y establecer los mecanismos que disminuyan al máximo la eventual incorporación de los materiales radiactivos al ciclo de recuperación y reciclado de la chatarra y que limiten el riesgo radiológico en las situaciones en las que esto no haya sido posible.
2. Protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de material radiactivo en puertos de interés general (conocido como protocolo Megaport), instrumento de colaboración suscrito el 15 de junio de 2010 entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT), la Secretaría de Estado de Seguridad, la Secretaría de Estado de Energía, la Secretaría de Estado de Transportes y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), que tiene por objeto describir las diferentes funciones de las autoridades y entidades corres-

pondientes, así como las actuaciones a llevar a cabo en caso de detección en los puertos marítimos de material radiactivo fuera del control regulador.

3. El Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, *sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas*, que tiene por objeto evitar o, al menos, reducir en lo posible la exposición de los trabajadores y de los miembros del público a las radiaciones ionizantes, y la contaminación del medio ambiente, como consecuencia de la existencia de fuentes huérfanas; así como el nuevo sistema regulatorio basado en el mismo, destacándose los mecanismos de autorización de Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR) especializadas en la recuperación de fuentes huérfanas. Este real decreto transpone lo dispuesto en la Directiva 2013/59/Euratom, del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, *por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes*; en relación con las fuentes radiactivas huérfanas.

En línea con lo anterior y sirviéndose de la experiencia adquirida durante la aplicación de los anteriores instrumentos (especialmente el Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos), de los resultados ofrecidos por la creciente actividad internacional en esta materia desde finales de la década de los años noventa, y de las lecciones aprendidas en los incidentes ocurridos en instalaciones españolas, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha revisado y actualizado la presente guía de seguridad con el objetivo de recomendar medidas de seguridad y protección radiológica necesarias para prevenir los riesgos radiológicos para las personas y para el medio ambiente asociados a la eventual presencia de materiales radiactivos en la chatarra.

Esta Guía de Seguridad GS-10.12 destaca la importancia y la utilidad del establecimiento de acuerdos de actuación y colaboración entre todos los agentes involucrados, e incentiva cualesquiera otras iniciativas sectoriales que pudieran constituirse a la luz de sus recomendaciones.

Los principios recogidos en esta guía pueden ser asimismo aplicables a otras actividades, distintas del procesamiento de chatarra metálica, potencialmente afectadas por fuentes radiactivas huérfanas u otro material radiactivo fuera de control regulador.

1. Objeto y ámbito de aplicación

1.1. Objeto

La presente guía tiene por objeto recomendar medidas de seguridad y protección radiológica, encaminadas a prevenir los riesgos radiológicos para las personas y para el medio ambiente, asociados a la posible presencia de materiales radiactivos en las chatarras metálicas y otros materiales; así como las actividades que puedan verse afectadas por la presencia de fuentes radiactivas huérfanas.

La guía contiene criterios que se recomienda aplicar a la vigilancia radiológica de la chatarra y otros materiales, para facilitar la pronta detección de materiales radiactivos, así como recomienda actuaciones y medidas de protección radiológica aplicables, una vez detectados, para proceder a su aislamiento en condiciones de seguridad.

Los criterios establecidos en la presente guía pueden extenderse a otros tipos de materiales en otras actividades diferentes al procesamiento de chatarra que podrían verse afectadas por la problemática del material radiactivo fuera de control regulador: puertos marítimos de interés general u otros lugares importantes de tránsito de personas o mercancías, vertederos, escombreras o centros de recogida de residuos, empresas o personas que tengan en su poder fuentes que no estén sometidas al control reglamentario, otras circunstancias en las que puedan encontrarse fuentes huérfanas en cualquier lugar por posible abandono, pérdida, extravío o robo.

1.2. Ámbito de aplicación

El contenido de esta guía es aplicable a las siguientes actividades, lugares y circunstancias en las que pueden encontrarse fuentes huérfanas:

1. Las actividades de recuperación de materiales metálicos y las plantas de reciclado de chatarras, para la producción de aleaciones metálicas.
2. Las actividades relacionadas con el tránsito de mercancías en puertos marítimos (de interés general) y otros lugares importantes de tránsito de personas y materiales (por ejemplo, aeropuertos, estaciones ferroviarias, etc).
3. Cualquier actividad o instalación no incluida entre las anteriores, relacionada con la gestión de fuentes huérfanas.

El contenido de la guía está planteado para ser aplicado por los titulares de las instalaciones o actividades señaladas en la anterior lista. Sin embargo, la mayor parte de los principios de prevención y de respuesta recogidos en la misma, pueden ser aplicados por entidades que presten asesoramiento en el ámbito de recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador, denominadas Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR) especializadas en este ámbito, sin que ello suponga el traslado de las responsabilidades de los titulares citados a estas unidades técnicas.

2. Definiciones

Las definiciones de los términos y conceptos utilizados en la presente guía de seguridad se corresponden con las contenidas en las siguientes normas jurídicas:

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.
- Real Decreto 1217/2024, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes.

3. Consideraciones generales

El reciclado de metales para su utilización como materia prima en la industria metalúrgica y otras actividades afines, como cualquier otra actividad industrial, debe llevar asociado a los aspectos económicos de la producción, la protección y el respeto del medio ambiente.

En los países industrializados el uso de materiales radiactivos se encuentra regulado, por lo que la probabilidad de que metales contaminados o fuentes radiactivas se incorporen a los procesos de reciclado debería ser muy baja. Sin embargo, en particular en esta industria, resulta relativamente posible la presencia inadvertida de estos materiales, lo que podría ocasionar situaciones de riesgo radiológico inaceptable para los trabajadores de las empresas implicadas,

para el público o para el medio ambiente. Estas consideraciones deberían ser tenidas en cuenta por los agentes de esta industria.

Con el objetivo de minimizar la probabilidad de ocurrencia de sucesos que pudieran entrañar estos riesgos, se considera necesario que los titulares de las instalaciones establezcan medidas de vigilancia radiológica de los materiales que se incorporan a los procesos productivos de estas industrias del reciclado de metales y otras actividades afines, de manera que puedan detectar su presencia y proceder posteriormente a su segregación y aislamiento en condiciones de seguridad.

Para conseguir el objetivo anteriormente señalado, las medidas de vigilancia radiológica deberían integrarse en un sistema de actuación de los distintos agentes involucrados, que asegure la existencia de medidas de prevención, la rápida y eficaz detección de las fuentes radiactivas o de los materiales contaminados y las actuaciones de reacción ante estas incidencias.

Los titulares de las propias instalaciones industriales, así como las organizaciones responsables de lugares o actividades directamente relacionadas con la cadena de suministro de materias primas o gestión de residuos o subproductos, como por ejemplo: puertos marítimos donde se importan mercancías (chatarra), deberían implantar medidas preventivas. Estas medidas tendrán como objetivo la detección de material radiactivo antes de su incorporación a los procesos productivos.

Los agentes involucrados deberían ser conscientes del problema y estar preparados para abordar el problema con los medios humanos y técnicos necesarios, conociendo sin ambigüedad cuáles son sus actuaciones y cuándo deberían ser puestas en práctica. En este sentido se considera de gran utilidad que se establezcan acuerdos de actuación y colaboración entre los mencionados agentes, como ha sido el caso de los protocolos suscritos en España hasta la fecha (Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos y Vigilancia Radiológica en Puertos), sin perjuicio de las obligaciones derivadas de la normativa (RD 451/2020).

- En relación con los medios humanos, se ha establecido por normativa la necesidad de que los trabajadores potencialmente expuestos a fuentes huérfanas tengan una formación mínima que les permita la identificación de estos materiales (según el programa del artículo 14 del RD 451/2020). También ha sido regulado el sistema de acreditación de personal, bien sea de la instalación o externo (UTPR), que preste servicios de asesoramiento en materia de fuentes huérfanas (con los programas formativos que figuran en el anexo II de esta guía).
- En relación con los medios técnicos, también se ha establecido por normativa la necesidad de que las instalaciones destinadas a la recuperación, almacenamiento o manipulación de materiales metálicos para su reciclado (a partir de 1000 toneladas de producción anual), dispongan de un sistema de vigilancia radiológica, cuyas caracterís-

ticas dependerán del tipo de instalación y de su producción (según condiciones del artículo 7 del RD 451/2020).

La detección se establecerá con el objetivo de localizar materiales o fuentes radiactivas que potencialmente puedan encontrarse entre los metales que van a ser reciclados, o entre los productos resultantes del proceso productivo (siempre que implique fundición, fragmentación o cizallamiento, o en sentido más amplio, cualquier proceso susceptible de producir la destrucción de una fuente), de manera que pueda conjugarse la fiabilidad de las medidas obtenidas con la práctica operativa habitual en los sectores industriales afectados.

Los titulares y organizaciones anteriormente mencionados deberían asimismo implantar medidas o protocolos de reacción. La reacción estará constituida por el conjunto de actuaciones que se inician una vez detectado el material radiactivo, con el objetivo de confirmar la detección efectuada, reducir al mínimo la exposición a la radiación de los trabajadores y del público, proceder al aislamiento del material en condiciones adecuadas e informar a las autoridades competentes, de forma que el material pueda gestionarse de forma segura (en su caso, como residuo radiactivo).

4. Prevención

Las medidas de prevención tienen como objetivo la planificación y la organización de las actuaciones del personal y de los mecanismos necesarios para evitar la incorporación del material radiactivo al ciclo de recuperación de la chatarra y a otros procesos industriales afines, así como para limitar el riesgo radiológico en las situaciones en las que esto no haya sido posible. En este contexto, se entiende por ciclo de recuperación de la chatarra y otros materiales similares el conjunto de las actividades asociadas tanto con su recogida y manipulación física como con sus transacciones comerciales, en las cuales es posible establecer actuaciones de prevención para evitar la incorporación de materiales radiactivos lo más cerca posible del momento en que dicha incorporación se pueda producir y para mitigar las consecuencias radiológicas de su presencia en el caso de que esta se produzca.

4.1. Ámbito de aplicación de las medidas de prevención

Las medidas de prevención se establecerán, de forma preferente, en las siguientes actividades del ciclo de recuperación:

- Recolección de la chatarra.
- Instalaciones de almacenamiento y manipulación de la chatarra.

- Instalaciones de fundición o siderurgia.
- Acuerdos contractuales para el suministro.
- Almacenamiento y manipulación de mercancías en puertos marítimos y otros lugares importantes de tránsito.
- Cualquier instalación no incluida entre las anteriores, que pueda verse afectada por la problemática de fuentes huérfanas y puedan aplicarse medidas de vigilancia radiológica (aunque no sea obligatorio por normativa), por ejemplo: incineradoras de residuos, vertederos, plantas de tratamiento de residuos especiales, etc.

En cualquier caso, la normativa establece que las instalaciones destinadas a la recuperación, almacenamiento o manipulación de materiales metálicos para su reciclado deberán disponer de un sistema documentado de vigilancia y control radiológicos (artículo 4 del RD 451/2020).

4.1.1. Medidas de prevención en la recolección de la chatarra

En la fase de recolección de la chatarra y otros materiales similares, adquieren una gran importancia las medidas de prevención basadas en la pronta identificación visual de objetos potencialmente radiactivos, prestando especial atención a aquellos similares a contenedores o equipos que puedan ir señalizados con el símbolo de radiactividad o disponer de inscripciones con las diversas expresiones idiomáticas de la palabra «RADIATIVO».

Para ello se recomienda la presencia y exposición de catálogos fotográficos o ilustraciones de objetos o contenedores de estas características en los centros de recolección de chatarra y otros materiales similares, y su amplia difusión para conocimiento por el personal de estos centros y por sus suministradores.

Las medidas preventivas que se establecerán para las situaciones en las que sea detectado un objeto potencialmente radiactivo tendrán en consideración las siguientes reglas de seguridad:

- Cuando el objeto tenga el símbolo de radiactividad o se sospeche que pueda contener material radiactivo se deberá mantener a distancia de las personas y se deberá notificar al CSN.
- Nunca se abrirá un contenedor, embalaje o maquinaria en la que existan sospechas de la presencia de materiales radiactivos.

En aplicación de lo dispuesto en la normativa, en concreto artículo 14 del RD 451/2020, las instalaciones afectadas, deberán haber formado al personal potencialmente expuesto a fuentes

huérfanas sobre: 1. Métodos de detección visual de las fuentes, y 2. Medidas que deben tomarse *in situ* en caso de detectarse o sospecharse la presencia de una fuente.

4.1.2. Medidas de prevención en las instalaciones de almacenamiento y manipulación de la chatarra y otros materiales metálicos

En el momento de la recepción de los cargamentos de chatarras y otros materiales similares en los que sea posible la presencia de sustancias radiactivas, se debería asegurar que se realizan controles radiológicos y que estas tareas son ejercidas por personal con formación básica en protección radiológica, de acuerdo con el RD 451/2020. Tras la detección es conveniente requerir la colaboración de personal técnico especialista en protección radiológica.

Como ha sido señalado anteriormente (apartado 3), actualmente se encuentra regulado tanto la formación preventiva básica para trabajadores de la instalación, como los programas específicos para el asesoramiento especializado en fuentes huérfanas (ver anexo II), este personal especializado puede estar adscrito a las instalaciones (en caso de que la instalación esté adscrita al Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos) o a las UTPR.

Los equipos de medida a utilizar dependerán de diversos factores tales como la cantidad de material a examinar y el tipo de maquinaria existente en la instalación. Generalmente es posible utilizar sistemas fijos y portátiles de acuerdo con lo indicado en el art. 7 del RD 451/2020.

En el apartado 5 de esta guía se exponen las recomendaciones técnicas más relevantes para facilitar la selección e instalación de los sistemas de control radiológico adecuados.

4.1.3. Medidas de prevención en las instalaciones de procesamiento de materiales metálicos (incluida la fundición) y otras instalaciones

En el momento de la recepción de los cargamentos de chatarras y otros materiales similares, en los que sea posible la presencia de sustancias radiactivas, es recomendable asegurar que se realizan controles radiológicos mediante detectores de pórtico. Este tipo de detectores son obligatorios en determinadas instalaciones.

Además, con objeto de garantizar que durante los procesos de fundición o tratamiento de materiales no se ha producido el procesamiento accidental de una fuente radiactiva, es recomendable realizar controles radiológicos a los productos y materiales resultantes del proceso así como en las fases críticas del proceso, en forma acorde con la viabilidad y fiabilidad operativa de tales controles, y siempre acorde con las obligaciones que establece la normativa (artículo 7 del RD 451/2020).

Los controles radiológicos serán realizados por personal como mínimo con formación básica. Tras la detección puede ser conveniente requerir la colaboración de técnicos especialistas en protección radiológica, de acuerdo con el RD 451/2020. Los requisitos respecto a la formación referida han sido presentados en esta guía (apartado 3).

En los apartados 5 y 6 de esta guía se exponen las recomendaciones técnicas más relevantes para facilitar la selección e instalación de los sistemas de control radiológico adecuados.

4.1.4. Medidas de prevención en los acuerdos contractuales para el suministro de chatarra y otros materiales metálicos

Las medidas de prevención en el marco de los acuerdos contractuales, entre el suministrador y receptor para suministro de chatarra y otros materiales similares, irán encaminadas a que la entidad expedidora del material proporcione las máximas garantías de la ausencia de radiactividad en los materiales objeto de la transacción.

Para ello se recomienda la adopción de las siguientes prevenciones contractuales en los movimientos transfronterizos e importaciones de materiales metálicos, sin menoscabo de la legislación vigente en la Unión Europea:

- En los pedidos de material que se efectúen se incluirá la exigencia de que los metales o chatarras suministrados deben estar libres de radiactividad.
- En la recepción de material se debe exigir al suministrador la certificación de que ha sido adecuadamente verificada la ausencia de materiales radiactivos.

En cualquier caso, ya sea la chatarra tanto de procedencia nacional como extranjera, los contratos de suministro deberían incluir cláusulas relativas a los derechos y obligaciones de las partes en caso de determinarse la presencia de materiales radiactivos.

En relación con la importación de materiales metálicos desde países no pertenecientes a la Unión Europea, actualmente están reguladas las condiciones que deben cumplirse para certificar la ausencia de material radiactivo.

Para ello, se exigiría un certificado en el que se indique que el cargamento ha pasado un control radiológico previo y que se ha descartado la presencia de material radiactivo en el mismo (según establece el artículo 10 del RD 451/2020), que de forma resumida contendrá lo siguiente:

- Identificación de los agentes (instalaciones exportadora e importadora).
- Tipo y cantidad de materiales.
- Detalles de la vigilancia radiológica efectuada, niveles de investigación, personal (cualificado) que realizó la vigilancia, etc.

4.1.5. Medidas preventivas en el almacenamiento y manipulación de mercancías en puertos marítimos y otros lugares importantes de tránsito

Se destaca la aplicación del protocolo Megaport en puertos de interés general. A este protocolo están asociados una serie de medios de detección para la vigilancia radiológica de las mercancías (importaciones y exportaciones) que transitan por el puerto, así como protocolos específicos de actuación en caso de detecciones, que siguen las organizaciones afectadas. Se destaca el papel de la administración de aduanas de la Agencia Tributaria, en la gestión inicial de la detección, actuando con asistencia tanto del CSN como de una UTPR específicamente designada.

4.1.6. Medidas preventivas en cualquier instalación no incluida entre las anteriores, que pueda verse afectada por la problemática de fuentes huérfanas, por ejemplo: incineradoras de residuos, vertederos, plantas de tratamiento de residuos especiales, etc.

Se recomienda de forma genérica la aplicación de medidas de vigilancia radiológica, aunque no sea obligatorio por normativa, en función del volumen de materiales tratados en las instalaciones. Para ello, puede tomarse como referencia la tabla del artículo 7 del RD 451/2020.

4.2. Organización y procedimientos de prevención

La organización de los recursos humanos y técnicos y la planificación de las actuaciones necesarias para evitar la incorporación del material radiactivo al ciclo de recuperación de los materiales metálicos y similares, deberían estar integradas en los planes de prevención de las empresas o entidades involucradas.

En este sentido se recomienda incluir en los planes de prevención un capítulo específico que desarrolle, al menos, el contenido siguiente:

- a) Los objetivos generales de la prevención ante la probabilidad de aparición de materiales radiactivos en las chatarras.
- b) La organización de medios materiales y humanos destinada a la puesta en práctica de las medidas de prevención con indicación de los puestos responsables para su adopción.
- c) Las medidas específicas que serán adoptadas en la empresa en atención a los objetivos señalados.
- d) Los procedimientos que, debidamente referenciados, deben seguirse para el establecimiento de cada medida preventiva seleccionada.
- e) Los planes, programas y objetivos de formación del personal implicado en la puesta en práctica de las medidas de prevención.

Actualmente, está regulado que esta organización y procedimientos preventivos esté documentada y sea registrada en los órganos competentes de la Administración: la Dirección General de Planificación y Coordinación Energética (DGPCE) y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Existen dos modalidades de registro:

1. Instalaciones adscritas al Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos, denominadas “Instalaciones de Vigilancia Radiológica (IVR)”, y que se registran según lo dispuesto en el apartado 4 (y anexo 1) del Anexo Técnico del dicho protocolo, de acuerdo con lo dispuesto en el art.5 del RD 451/2020.
 - Los datos a comunicar para instalaciones adscritas al protocolo son en esencia los mismos que los requeridos reglamentariamente (RD 451/2020).
2. Instalaciones no adscritas, que se registran en la DGPCE según lo dispuesto en el artículo 6 del RD 451/2020, comunicando lo siguiente:
 - a) Razón social y Código de Identificación Fiscal (CIF) del titular de la instalación, y Número de Identificación Medioambiental (NIMA), en su caso.
 - b) Memoria descriptiva de la instalación.
 1. Localización.
 2. Características básicas de la instalación.
 3. Descripción de los procesos que desarrolla.
 4. Planos de edificios, viales, entradas, etc.
 5. Producción media anual aproximada (en toneladas).

- c) Descripción del sistema de vigilancia radiológica.
 - 1. Instrumentación automática (pórticos).
 - 2. Instrumentación móvil o portátil.
 - 3. Instrumentación para la vigilancia del proceso.
- d) Procedimientos utilizados para aplicar el sistema de vigilancia y control radiológicos.
- e) Descripción del área de aislamiento para el almacenamiento temporal del material radiactivo.
- f) Contrato o acuerdo con una Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) autorizada por el CSN para la prestación de servicios en el ámbito de aplicación del RD 451/2020.

4.3. Entidades de asesoramiento especializado en PR para fuentes huérfanas

Como parte fundamental del sistema de prevención referido en este capítulo de la guía, se ha establecido un sistema de reconocimiento y supervisión de UTPR, para el ámbito de recuperación y control de fuentes radiactivas huérfanas. Las UTPR deberán contar con autorización para prestar servicio, según lo dispuesto en el artículo 26 del RD 1029/2022. En la página web del CSN (www.csn.es) se puede encontrar una relación de UTPR autorizadas por el CSN para el asesoramiento en materia de fuentes huérfanas.

Se puede tener en cuenta lo dispuesto en este apartado para la preparación de las solicitudes de autorización de UTPR para el ámbito de control y recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador, así como la información detallada que se presenta en el anexo III de esta guía.

4.3.1. Actividades

Estas entidades cubren las siguientes actividades:

- Acciones de respuesta en caso de detección de material radiactivo huérfano.
- Acciones de respuesta en caso de procesamiento accidental de fuentes radiactivas.
- Impartición de la formación básica a trabajadores potencialmente expuestos/as a fuentes huérfanas, establecida en el artículo 14 del RD 451/2020.
- Otras actividades complementarias (asesoramiento), en el marco del RD 451/2020: registro de instalaciones, instrumentación de vigilancia radiológica y transferencia de material radiactivo.

Estas UTPR especializadas actuarán en el marco de un contrato o acuerdo con las instalaciones, entidades o personas que requieran sus servicios, y en aquellos lugares y circunstancias en las que pueden encontrarse fuentes huérfanas.

Para el desarrollo de su actividad, estas entidades deben contar con personal y medios técnicos adecuados, y actuarán en base a unos procedimientos adecuados formulados dentro de un sistema de gestión de calidad certificado.

4.3.2. Personal

El personal especializado en protección radiológica de estas entidades está formado por:

1. Jefatura de UTPR. La persona que tenga este cargo deberá contar con un diploma otorgado por el CSN específico para actividades de recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador.
 - El CSN ha establecido los requisitos de formación específica para jefe de UTPR en este ámbito (ver anexo II).
 - El CSN podría conceder diplomas a jefes de UTPR que dispongan de un diploma de ámbito general (modalidad A “instalaciones nucleares y radiactivas”, de la Instrucción IS-03 del CSN) y una experiencia mínima con adecuado desempeño en actividades de control y recuperación de fuentes huérfanas.
2. Personal técnico de UTPR. Las personas que desempeñen funciones como técnicos de UTPR especializados en actividades de recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador, deberán haber sido acreditados por la jefatura de UTPR, en base a que hayan recibido el programa formativo específico (ver anexo II), y tengan una experiencia mínima en trabajos de UTPR.

4.3.3. Medios técnicos

Estas entidades dispondrán de un equipamiento radiométrico adecuado, que estará formado por una dotación mínima de equipos portátiles para las siguientes mediciones:

- Determinación de isótopo.
- Medida de radiación (gamma) (tasa de dosis).
- Actividad superficial fija y desprendible.

Adicionalmente, es recomendable que estas entidades además dispongan de sonda con pértiga y equipo de medidor de neutrones. Es necesario disponer de dotación de dosímetros de lectura directa.

Los equipos de medida tendrán una adecuada gestión y mantenimiento, incluyendo verificaciones y calibraciones periódicas.

Además de los equipos de medida, será necesario que dispongan de los siguientes medios:

- Equipamiento auxiliar necesario para las tareas propias del ámbito: caracterización de material radiactivo, delimitación de zonas, toma de muestras, medios para limpieza y descontaminación (cuando no deban ser aportados por la instalación afectada), etc.
- Equipamiento de protección radiológica, además de equipos de protección individual (EPI) convencionales.
- Herramientas de cálculo para estimación de actividad, o medios alternativos.

5. Detección de la presencia de material radiactivo en la chatarra y otros materiales

Las particularidades que presenta la detección de la presencia de material radiactivo en la chatarra exigen la instalación de equipos específicos y su utilización siguiendo una sistemática adecuada.

En este apartado se describen los criterios para la elección de un sistema de detección, así como la sistemática a seguir en el proceso de medición e interpretación de los resultados. Estos criterios pueden aplicarse además a otros tipos de material similares a la chatarra.

Adicionalmente, lo expuesto en este apartado puede utilizarse de orientación para la elección de los sistemas de detección y para establecer la sistemática de los procesos de medición para cumplir con lo establecido en el protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de material radiactivo en puertos de interés general.

5.1. Equipos para la detección

Para la vigilancia radiológica de la chatarra y otros materiales, con carácter general, pueden utilizarse los siguientes tipos de equipos: fijos, portátiles y de proceso.

Los equipos fijos son los denominados detectores de pórtico y se utilizan para la vigilancia radiológica automática de grandes volúmenes de material. Suelen estar constituidos por un conjunto de varios detectores de centelleo, con un sistema informático asociado que permite analizar en continuo las variaciones del fondo de radiación al paso de los vehículos.

Los detectores de pórtico deben tener la sensibilidad suficiente para detectar, en cortos períodos de tiempo, pequeños incrementos de la radiación de fondo, ser resistentes a las condiciones ambientales y permitir el control radiológico del vehículo completo.

Los equipos o detectores portátiles se utilizan para identificar el origen de la señal obtenida en los pórticos. Deberían ser ergonómicos, de fácil manejo, y disponer de alarmas acústicas, así como permitir la medida de los niveles de tasa de dosis o contaminación superficial en diversas escalas.

Los detectores de proceso son equipos (fijos) que se instalan en puntos clave del proceso productivo, en los que puede concentrarse un determinado isótopo radiactivo (en el caso de procesamiento accidental de material radiactivo, ver apartado 6 de esta guía). Algunos ejemplos de estos equipos son: espectrómetros de colada, detectores situados en líneas de salida de polvo de humos, sistemas de detección en los puentes grúa, en las cintas transportadoras, en las cestas de carga, etc.

Adicionalmente existen equipos que pueden ser portátiles o fijos, más sofisticados, a utilizar por personal especializado, que permiten identificar cualitativa y cuantitativamente el emisor radiactivo.

Los equipos de detección también pueden clasificarse en función de la medida obtenida:

1. Medidores de radiación (gamma, neutrónica). Ejemplos habituales: pórticos gamma (mayoría de las instalaciones), radiómetros portátiles, pórticos de neutrones (en puertos de internos general).
2. Medidores de contaminación (actividad alfa y beta). Ejemplos habituales: medidores portátiles de contaminación (con sonda alfa y beta), equipos de laboratorio.
3. Espectrómetros (identificación de isótopo radiactivo). Ejemplos habituales: espectrómetros portátiles, pórticos espectrométricos (en puertos de internos general), espectrómetros de proceso.

5.2. Requisitos técnicos de los equipos de detección

5.2.1. Pórticos

El sistema de detección de pórtico más recomendado consiste en varios paneles y una unidad de control basada en un microprocesador y su electrónica asociada.

Cada uno de estos paneles contendrá uno o varios detectores en función de las necesidades del usuario, que proporcionarán una cobertura vertical cuya área sensitiva de detección abarque la totalidad del vehículo. La configuración básica del pórtico suele consistir en dos paneles situados en los laterales del camino de entrada del vehículo. Esta configuración puede admitir distintas variantes mediante la instalación de detectores adicionales que permitan mejorar la capacidad de detección, como son la instalación de más de dos paneles para cada lateral y en la parte superior del pórtico.

Cada detector debe estar blindado, con el objetivo de proporcionar la necesaria reducción del fondo y aumentar la respuesta direccional. Este blindaje puede estar constituido por una capa de plomo de espesor variable en función del fondo, que cubra todas sus caras excepto la que sirve de ventana de entrada de la radiación.

El pórtico debe estar convenientemente protegido para evitar contactos accidentales por los vehículos y debería ser seleccionado de acuerdo con las condiciones ambientales habituales de su ubicación, para asegurar su óptimo funcionamiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Los detectores más utilizados son grandes centelleadores de plásticos planos, capaces de detectar un amplio espectro de emisores gamma con energías comprendidas entre 50 keV y 1 400 keV.

Las especificaciones técnicas de cada sistema de detección varían según el fabricante, pero como características básicas deberían disponer de autodiagnóstico, sensores y alarmas de paso y presencia de vehículos y radiación, alarmas por alto fondo, con sistema de presentación o suministro de la información (impresa, en pantalla, etc.) y, además, deberían tener un funcionamiento fácil y un mantenimiento simple.

En la elección del equipo se tendrá en cuenta que influyen en su sensibilidad: el tiempo de conteo, la distancia del vehículo al detector, la radiación del fondo natural, la densidad y distribución de la carga, e incluso las variaciones de las condiciones atmosféricas.

5.2.2. Equipos portátiles

Dependiendo del tipo de radiación a medir, los equipos portátiles se clasifican en:

1. Monitores de actividad, capaces de medir la contaminación radiactiva.
2. Radiómetros, capaces de medir el nivel de radiación.
3. Espectrómetros, capaces de identificar isótopos radiactivos.

Existe una variada gama de equipos en el mercado, siendo los más recomendables para la medida de los niveles de radiación aquellos que disponen de detectores de centelleo, y para la medida de la contaminación superficial los contadores proporcionales.

Es recomendable que las instalaciones dispongan de equipos portátiles para la realización de las siguientes medidas radiológicas:

- a. Determinación del radionucleido.
- b. Medidas de tasa de dosis.
- c. Actividad superficial fija y desprendible.

Además, este equipamiento es exigible para las entidades que presten servicios de asesoramiento en fuentes huérfanas (UTPR).

5.3. Verificaciones y calibraciones de los equipos

Con relación a los equipos portátiles de detección, las verificaciones y calibraciones se realizarán conforme a las instrucciones de sus fabricantes.

Para asegurar que los pórticos de radiación funcionan correctamente y tienen las características de detección apropiadas, se recomienda la realización de tres “procesos”, que están asociados:

1. A la instalación inicial del equipo, donde se elabora un informe con los datos del equipo.
2. A las verificaciones periódicas que aseguran su correcto funcionamiento.
3. A las calibraciones efectuadas para evaluar su respuesta para muestras de Cs-137 y asegurar que tienen una respuesta apropiada.

Los ensayos definidos en estos procesos permiten obtener los parámetros físicos cuantitativos y los parámetros límites del pórtico aplicando la norma ISO-11929, asociados a las medidas estáticas y dinámicas, que realizan los detectores de radiación del pórtico.

Los criterios para seleccionar los ensayos se han basado en las recientes normas relacionadas con los pórticos instalados en las fronteras ANSI-N.42-35, IEC-62244 y de la guía del OIEA, TS-1-1240.

5.3.1. Proceso inicial en la instalación

Se recomienda realizar el proceso inicial durante la instalación del equipo. Este puede ser realizado por el suministrador y deberá recogerse en un informe inicial de instalación, que ha de entregar al usuario. Igualmente, este informe debe realizarse o complementarse cuando se realice una reparación o modificación que afecte a los resultados de las medidas.

El informe inicial de instalación debe contener los datos y características del sistema que afecten o influyan en su calidad operativa. Este informe, también lo puede realizar la persona usuaria basado en los datos del suministrador, y recoger los resultados y datos necesarios para poder definir y activar los siguientes ensayos que están relacionados con los procesos.

El contenido mínimo del informe inicial ha de ser:

1. Listado de los documentos más importantes asociados al equipo, de los componentes principales que forman parte del sistema de detección y de los accesorios más importantes entregados por el suministrador o añadidos por el usuario. También se recomienda incluir los datos generales de la obra civil y de los sistemas de protección.
2. Los datos o parámetros que indican las características técnicas, dimensionales y operativas más importantes del pórtico: dimensión de los detectores, altura y separación de los paneles, separación de los sistemas de protección, roderas para definir la trayectoria de los vehículos, listado de los parámetros fijados, etc.
3. Los procesos de verificación y calibración periódica que el suministrador recomienda realizar. Se han de indicar de forma clara si se emplean los procesos de ensayo definidos en este documento, los recomendados por el suministrador, así como las variaciones o ampliaciones que también se desean realizar sobre ellos. Para cada proceso que se defina se ha de fijar el periodo de ejecución recomendado y los condicionantes y objetivos que se han de superar.

5.3.2. Tipos de verificación periódica de los pórticos

El proceso de verificación incluye los procesos cualitativos y cuantitativos que se han de realizar en los pórticos de forma periódica. Estos procesos los puede realizar el usuario del equipo u

otra persona suficientemente cualificada. Su alcance y contenido se habría de incluir en el informe inicial de instalación. Coincidiendo con la instalación el mantenimiento del sistema, debe realizarse una verificación inicial en la que se establezcan los valores de referencia de los parámetros cuantitativos que se han de verificar periódicamente.

Las **verificaciones cualitativas** más importantes que se han de realizar si se sospecha un mal funcionamiento y al menos una vez al mes, son:

1. Listado de los parámetros operativos del pórtico para verificar que no se han modificado. Cuando se realicen modificaciones se incluye el nuevo listado.
2. Funcionamiento correcto de los sensores de paso del vehículo.
3. Funcionamiento correcto de las alarmas sonoras y luminosas de detección, empleando muestras radiactivas exentas que se aproximan a los detectores, con los sensores activos o inactivos.
4. Fondo radiactivo del equipo cuando no pasan vehículos y no hay vehículos próximos que atenúan el fondo.

Cuando se detecte el funcionamiento incorrecto de algún componente básico se ha de avisar al responsable del equipo y al servicio técnico.

La **verificación cuantitativa** que se realizará de manera mensual, o al menos trimestral, consiste en:

1. Un ensayo estático para calcular la eficiencia en la superficie del panel, que consiste en medir el fondo radiactivo y las detecciones estáticas en 30 s, para una fuente exenta (según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas vigente, respecto a “exención”), colocada siempre en un punto central en contacto con la superficie de cada panel. Este proceso se realiza según las instrucciones referidas en el apartado 5.3.3 de esta guía, aunque se puede sustituir por el recomendado por el fabricante.
2. Con los datos obtenidos para cada panel se cumplimentan los formatos correspondientes y se calculan las detecciones netas o la eficiencia, como la relación entre las detecciones netas y las emisiones en porcentaje.
3. Se ha de verificar que las detecciones netas o la eficiencia no varían, con respecto del valor de la verificación inicial o respecto a la verificación realizada después de la modificación de algún parámetro del pórtico, teniendo siempre en cuenta el decaimiento de la fuente. El error debe estar dentro de un margen recomendado por el fabricante o en

su defecto el 10 %. Si se supera el margen de variación, se ha de realizar una revisión del equipo y establecer un nuevo valor de referencia para la eficiencia en la superficie del panel.

Si esta verificación se cumple durante tres meses seguidos, se puede ampliar el periodo de verificación a una frecuencia trimestral.

5.3.3. Proceso de verificación de pórticos

El proceso de verificación de los pórticos consta de dos ensayos: uno estático y otro dinámico. El proceso estático puede ser realizado por los técnicos acreditados de la propia instalación, mientras que el dinámico ha de ser realizado por personal de una UTPR autorizada por el CSN, ya que en él están involucradas fuentes radiactivas no exentas como es el caso de una muestra radiactiva no exenta calibrada de Cs-137 de 370 kBq. Este proceso de verificación permite asegurar que los detectores del pórtico funcionan dentro de unos parámetros aceptables.

Ensayo estático

Se ha de medir el fondo y las detecciones para la muestra exenta, colocada en el centro de la zona sensible de detección. Con los datos obtenidos para cada detector se cumplimentan los formatos del anexo IV, y se calculan con las expresiones indicadas en el mencionado anexo los siguientes parámetros:

- Eficiencia estática: para medidas de 30 s, calculada como la relación entre la tasa de las detecciones netas y la tasa de las emisiones, y expresada en porcentaje.
- Variación de la eficiencia estática: se ha de verificar que la eficiencia estática de cada detector, con respecto del valor de la verificación inicial o respecto a la verificación realizada después de la modificación de algún parámetro del pórtico. El margen de error debe mantenerse dentro de un margen recomendado por el fabricante o, en su defecto, del 10 %. Si se supera este margen de variación, se ha de realizar una revisión del equipo y establecer un nuevo valor de referencia para la eficiencia estática.
- Variación del fondo: se ha de verificar que el margen de error del fondo medido con respecto al obtenido en la verificación inicial o la verificación realizada después de la modificación de algún parámetro del pórtico se mantiene dentro del margen recomendado por el fabricante o, en su defecto, del 10 %. Si no se cumple este criterio se ha de realizar una revisión del equipo y establecer un nuevo valor de referencia para la medición del fondo.

Ensayo dinámico

Este tipo de ensayos ha de ser realizado por personal de la UTPR, ya que requiere utilizar fuentes no exentas.

El método es pasar andando con la muestra calibrada de Cs-137 por la trayectoria que cruza el centro de la zona sensible de detección. Con los resultados obtenidos se calculan los siguientes parámetros:

- Eficiencia dinámica, calculada como la relación entre la tasa de las detecciones netas, (detecciones máximas durante un segundo, menos el fondo en 30 segundos) y la actividad de la fuente de Cs-137, expresada en porcentaje.
- Límite de detección dinámico, en kBq, para medidas del fondo realizadas antes de la medida dinámica durante 30 s, medidas dinámicas de la muestra durante 1 s y probabilidades de detección positivas y negativas del 99,9 %.
- Nivel de alarma, en kBq, calculado con las detecciones dinámicas netas que fijan el nivel de la alarma definido con los parámetros del pórtico.

Con los parámetros calculados, se ha de verificar que:

- 1) El nivel de alarma es inferior al valor guía de detección recomendado de 600 kBq.
- 2) El límite de detección dinámico es inferior al valor guía de detección recomendado de 600 kBq.

Se recomienda que el nivel de alarma de detección sea igual o ligeramente superior al límite de detección dinámico. Si el nivel de alarma de detección es inferior al límite de detección dinámico, la probabilidad de detectar una muestra es inferior al 99,9 %, por lo que aumenta la probabilidad de falsas alarmas. No obstante, la instalación puede establecer el nivel de alarma de detección por debajo del límite de detección dinámico, si justifica que la dinámica de trabajo es compatible con las posibles falsas alarmas.

5.4. Sistemática del proceso de detección

El procedimiento a seguir para la detección de material radiactivo en la chatarra dependerá de la instrumentación utilizada y de la actividad realizada dentro del ciclo de recuperación. Como se ha indicado, la instrumentación dependerá del tipo de instalación y de su producción.

En las pequeñas instalaciones dedicadas a la clasificación de chatarra y otros materiales similares, el proceso de detección puede basarse en la utilización de equipos de detección portátiles. El personal de la instalación medirá la tasa de dosis en contacto con la superficie del medio de transporte en que llegue la chatarra. Si se superara el nivel de investigación (ver apartado 5.5), se procederá de acuerdo con el apartado 7.1 de esta guía.

En las instalaciones de fundición y en las instalaciones dedicadas a la manipulación de la chatarra y otros materiales similares en las que existe maquinaria (cizalladoras, fragmentadoras, etc.), así como en otras instalaciones que incorporen procesos que puedan producir el deterioro o destrucción de las fuentes radiactivas), el proceso de detección debería basarse en la utilización de sistemas automáticos de detección (pórticos).

En este caso, la sistemática a seguir podría ser:

1. El vehículo cargado debería pasar obligatoriamente por el pórtico, que debería estar tarado en función de los niveles de investigación establecidos.
2. En caso de superación del nivel de tarado la señal debería ser verificada pasando de nuevo el vehículo cargado por el mismo pórtico.
3. Si tras sucesivas medidas con el pórtico, realizadas con tiempos de conteo superiores o bien en sentido inverso de marcha del camión, se reitera la señal de alarma de radiactividad en el vehículo, se deberá proceder de acuerdo al apartado 7.1 de esta guía.

En el anexo I de esta guía, se presentan esquemas con la sistemática del proceso de detección, según el tipo de instrumentación disponible.

Esta sistemática se podría extender a cualquier instalación que incorpore pórticos de detección, además de instalaciones de procesamiento de materiales metálicos o chatarra.

En el caso de instalaciones dedicadas a la manipulación de materiales metálicos, el paso de los vehículos por los pórticos existentes en la instalación se debería realizar tanto a la entrada como a la salida de los cargamentos de material (chatarra, materias primas, productos, sub-productos y residuos).

En las instalaciones que incorporen instrumentación o controles de proceso, la vigilancia se realizaría en continuo o mediante el muestreo y análisis en laboratorio, y se dispondrá de protocolos específicos de respuesta ante detecciones.

5.5. Niveles de investigación

El nivel de investigación es aquel valor que en caso de ser superado conlleva la identificación de sus causas y toma de acciones pertinentes.

En procesos de detección basados en la utilización de sistemas automáticos de detección, el nivel de investigación se establecerá siguiendo las instrucciones técnicas del fabricante del equipo, de forma que sea equivalente a la tasa de dosis debida al fondo radiactivo natural de la zona más tres veces su desviación típica.

En procesos de detección basados en la utilización de equipos de detección portátiles, el nivel de investigación se fijará en una tasa de dosis correspondiente al doble del fondo radiológico de la zona (mayor que $2 D_{\text{fondo}}$), medida en contacto con la superficie del medio de transporte en el que llegue la mercancía.

5.6. Lugares de detección

La localización más apropiada para los equipos de detección dependerá del diseño de la instalación y de cómo sea manipulado el material. El lugar elegido para situar los equipos de detección será compatible con los requisitos de tiempo y distancia de medida, así como con el entorno general de la instalación.

La posición más favorable para situar los equipos fijos de medida de la radiación es aquella que proporcione la detección de forma más rápida y estará localizada donde el tránsito del material a controlar (chatarra, otros materiales) sea ineludible y de paso obligatorio previo a cualquier tipo de manipulación o proceso.

En las instalaciones de fundición de los materiales metálicos se considera recomendable la instalación de sistemas de detección en los puentes grúa, en las cintas transportadoras, en la zona situada en la carga de las cestas o en cualquier otro punto intermedio en el flujo de materiales previo a la carga en el horno (instrumentación de control de proceso).

Como ha sido indicado respecto a la instrumentación de control de proceso (apartado 5.1 de esta guía), estos equipos se situarán en puntos clave del proceso productivo, en los que puede concentrarse un determinado isótopo radiactivo (ver apartado 6 de esta guía).

6. Detección de la presencia de contaminación radiactiva en los productos: metal, escoria, polvo de humos y otros productos

En el caso de instalaciones con procesos de fundición, la existencia de una fuente radiactiva en la materia prima a introducir en el horno puede dar lugar a la contaminación de los productos resultantes de la fusión de la chatarra: metal, escoria y polvo de humos. La distribución de la radiactividad entre estas tres fases dependerá de las propiedades físicas y químicas del radionucleido involucrado. Por ejemplo, en la fabricación del acero, el Co-60 pasa prácticamente en su totalidad al acero, el uranio pasa a la escoria, y el Cs-137 al polvo de humos.

6.1. Metal

La vigilancia del metal producido como consecuencia de la fusión de la chatarra se podrá realizar mediante los analizadores de prueba de colada. Estos equipos de laboratorio, que deben ser operados por personal especializado y convenientemente entrenado en su manejo, determinan la concentración y emisor radiactivo presente en el metal mediante técnicas espectrométricas.

El límite inferior de detección de estos equipos es función de sus características propias, del tiempo de conteo y del fondo de radiación; siendo capaces de medir la presencia de Co-60 en el acero a niveles de 0,1 Bq/g en un tiempo de pocos minutos. Este isótopo, Co-60, tiende a incorporarse en el metal, al igual que el Ir-192.

6.2. Escoria

La determinación de la actividad presente en la escoria se podrá realizar utilizando el analizador de la prueba de colada, para lo que habrá que tener en cuenta que la calibración de las muestras de escoria será diferente a la calibración realizada para las muestras de metal.

Otro método que puede emplearse es vigilar los camiones cargados con escoria que salgan de la instalación mediante los detectores de pórtico, pudiendo utilizarse los existentes a la entrada de esta. La sistemática del proceso de detección sería igual a la descrita en el apartado 5.4, aunque en este caso habría que tener en cuenta que la escoria puede tener una concentración de material radiactivo de origen natural (también denominado NORM, suele presentar isótopos naturales: Ra-226 y Th-232) que no está asociado a la posible fusión de una fuente radiactiva.

6.3. Polvo de humos

La determinación de la actividad presente en el polvo de humos podrá realizarse utilizando el analizador de la prueba de colada o bien con un equipo de vigilancia en continuo situado en la línea del polvo de humos. En la práctica, la obtención de muestras del polvo de humo no se realiza de forma rutinaria, por lo que el análisis de las muestras de polvo de humos en el equipo de la prueba de colada se utilizaría preferentemente para confirmar una posible alarma generada por el equipo de vigilancia en continuo.

La ubicación más idónea para los equipos de vigilancia en continuo es la zona de recolección de polvo de humo después del paso por los filtros de mangas.

Las especificaciones técnicas de cada sistema de detección varían según el fabricante, pero como características básicas deberían disponer de autodiagnóstico, señal de alarma por alto nivel de radiación, sistema de presentación o suministro de la información (impresa, en pantalla, etc.), y mantenimiento simple.

En aquellas instalaciones que no dispongan de equipos de vigilancia en continuo en la línea del polvo de humos, o cuando estos se encuentren fuera de servicio, será conveniente vigilar los vehículos cargados con polvo de humos que salgan de la instalación, pudiendo utilizarse los detectores de pórtico existentes a la entrada de la misma. Algunos isótopos, como el Cs-137, tienden a concentrarse en el polvo de humos.

6.4. Otros productos

En el caso de instalaciones con procesos distintos a la fundición, las situaciones que se pueden dar por procesamiento accidental de fuentes son diferentes y no están tan bien definidas, en base a la experiencia existente a nivel nacional sobre este tipo de sucesos.

En el caso de rotura de una fuente, dependiendo del tipo de fuente y de los productos de la instalación, podrían darse situaciones como por ejemplo: una contaminación superficial de Cs-137 en el material de salida del proceso de fragmentación, por rotura de fuente de cesio; o una dispersión de fragmentos metálicos con actividad relativamente alta de Co-60, por rotura de fuente de cobalto o procesamiento de material contaminado, etc.

En el caso de deterioro de una fuente en otros tipos de procesos, las situaciones pueden ser más variadas, por ejemplo: una emisión de I-131 a la atmósfera por destrucción accidental de una fuente de yodo radiactivo en una planta de incineración de residuos.

7. Reacción en el caso de detección de material radiactivo

La detección de material radiactivo puede producirse en los materiales metálicos antes del procesado, o posteriormente, en sus productos resultantes, lo que requerirá diferentes actuaciones en cada caso.

7.1. Detección de material radiactivo en un cargamento de material a la entrada de la instalación

Una vez que la presencia de material radiactivo sea detectada y confirmada por los sistemas de vigilancia de la radiación, el titular o la persona responsable tendría que realizar las actuaciones que se indican a continuación:

7.1.1. Actuaciones iniciales

Estas actuaciones se aplicarían normalmente por personal de las instalaciones con la formación básica (establecida por el artículo 14 del RD 451/2020), pudiendo tener asistencia o asesoramiento de personal especializado en protección radiológica (PR).

- 1) Inmovilización del cargamento (normalmente del vehículo cargado) en condiciones de seguridad en una zona apartada del tránsito de personas y vehículos. Se aplicará esta medida ante indicación de que supere el punto de tarado del sistema automático de detección.
- 2) Investigación de la carga (normalmente mediante inspección del vehículo), por personal con formación básica en protección radiológica, utilizando instrumentación portátil, para determinar:
 - a) La extensión del área alrededor del vehículo en la cual existe un incremento de los valores de la radiación con respecto del fondo.
 - b) Los incrementos de radiación puntuales en cualquiera de los lados del vehículo.
 - c) El valor máximo de la tasa de dosis en contacto con la superficie exterior del vehículo.
 - d) La tasa de dosis máxima medida en la cabina del conductor.
- 3) Evaluación preliminar del riesgo radiológico, teniendo en cuenta los datos de la inspección anterior, con el fin de adoptar las medidas de protección radiológica adecuadas.

7.1.2. Segregación e identificación del material radiactivo

Estos trabajos podrán efectuarse por personal de la instalación o por personal especializado en PR (técnicos acreditados en PR pertenecientes a una empresa adscrita, o técnicos especializados en PR pertenecientes a una UTPR), excepto en el caso de que se hayan medido tasas de dosis superiores a 50 $\mu\text{Sv/h}$, en cuyo caso será necesario que intervengan técnicos especializados en PR.

- 1) Descarga minuciosa del vehículo, adoptando las medidas de protección radiológica que sean necesarias, hasta identificar y aislar del resto de la carga, el material o piezas de este fácilmente segregables que contienen las sustancias radiactivas.

Los trabajos de segregación se realizarán evitando la dispersión de la contaminación. Se aplicarán técnicas específicas de segregación en el caso de materiales especiales, como bidones, tubos, paquetes de chatarra, etc.; o piezas de gran tamaño (por ejemplo: vaciado de bidones con material radiactivo en el interior, corte de piezas de gran tamaño, etc.).

Para efectuar los trabajos de segregación correctamente, puede utilizarse como referencia la Guía técnica para la caracterización, acondicionamiento y almacenamiento de residuos radiactivos en espera de ser retirados, en el marco del Protocolo de vigilancia radiológica para los materiales metálicos (Guía A10-IF-UT-0440, de Enresa)¹.

- 2) Comprobación, mediante los sistemas de vigilancia, de la ausencia de material radiactivo en el resto de la carga.
- 3) Aislamiento y señalización de zonas afectadas por radiación, mediante la clasificación de estas en función de la existencia de riesgo de exposición a la radiación; y su delimitación física, mediante balizamiento u otros medios y señalización. Estas zonas se establecerían en esta fase para realizar los trabajos de segregación y caracterización, aunque estas medidas se aplicarán también en cualquier zona de almacenamiento temporal de material radiactivo en la instalación. Las tareas de clasificación de zonas con riesgo radiológico serán efectuadas por personal especializado de una UTPR y las tareas de aislamiento y balizamiento pueden ser efectuadas por personal de la instalación adscrita al protocolo.

¹ Esta guía puede encontrarse en el siguiente enlace: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/nuclear/vigilancia.html>

7.1.3. Cualificación y cuantificación de material radiactivo

Estos trabajos serán realizados siempre por personal especializado en PR (artículo 8 del RD 451/2020), aplicando los procedimientos correspondientes.

- 1) Caracterización radiológica, en la que se identificará el (los) radionucleido (s) emisor (es) y se procederá a la estimación de la actividad presente.

Además del isótopo y la actividad, son requeridos los siguientes datos para la caracterización (completa) del material:

- Medida de tasa de dosis en contacto y a 1 m.
- Descripción del objeto indicando las dimensiones de la pieza y peso.
- Fotografía.

Existen algunos materiales y circunstancias en las que puede efectuarse una caracterización simple del material, no siendo en este caso necesario aportar la actividad.

La actividad podrá ser estimada a partir de métodos teóricos de cálculo de blindajes y niveles de radiación, o bien otros medios alternativos, por ejemplo: identificación de modelo de equipo radiactivo, información en la señalización de riesgo radiactivo, etc.

Si la actividad (Bq) o la concentración de actividad (Bq/g) superara los valores de referencia referidos en el anexo IV (tablas A1 y A2) del RD 1217/2024, el material radiactivo deberá ser gestionado por una entidad autorizada al efecto, conforme a lo establecido en la legislación vigente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. En España, dicha entidad autorizada es la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa).

Para esta gestión especializada, será necesario solicitar la transferencia del material a dicha entidad a la DGPCCE, de acuerdo con lo indicado en el anexo III del RD 1217/2024.

Para efectuar los trabajos de caracterización correctamente, puede utilizarse como referencia la citada Guía A10-IF-UT-0440, de Enresa, la cual puede obtenerse en la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

7.1.4. Acondicionamiento y aislamiento de material radiactivo

- 1) El material será debidamente acondicionado (por ejemplo: plastificado, introducido en recipientes), y debe ser identificado (etiquetado), señalizado y registrado.

La zona de almacenamiento temporal del material radiactivo debería cumplir las siguientes condiciones:

1. El material almacenado estará protegido contra la intrusión y contra la humedad. Si se almacena en el exterior, deberá cubrirse con lonas, plásticos, etc.
2. La zona de almacenamiento tendrá facilidad de acceso a medios de transporte, aunque es recomendable que el tránsito de vehículos y maquinaria sea el mínimo posible en las zonas circundantes.
3. El lugar de almacenamiento tendrá espacio suficiente para un número mínimo de contenedores (por ejemplo: 3-4 bidones 200 litros) y adicionalmente tendrá:
 - Pavimento uniforme, resistente y que evite la acumulación de agua, por ejemplo: hormigón o asfalto.
 - Iluminación adecuada.
 - Si es un lugar exterior, estará protegido contra el agua de lluvia (mediante cubierta), y si es interior, tendrá posibilidad de ventilación continua, con rejillas o similar.
 - El lugar deberá estar delimitado mediante barreras físicas, y señalizado de acuerdo con la reglamentación vigente en materia de protección radiológica.
- 2) A lo largo del proceso de segregación y caracterización, se aplicarán medidas básicas de protección radiológica:
 - Uso de equipo de protección (tyvek, mascarilla, cubrecalzados, EPIS propios: casco, guantes, gafas, etc.).
 - Medidas para evitar la dispersión de contaminación (comprobación de zonas, herramientas y materiales, confinamiento del material separado).
 - Vigilancia radiológica continua durante todo el proceso (mediante medidas de tasa de dosis).
- 3) Comunicación de la detección al Consejo de Seguridad Nuclear, utilizando el formato del anexo 2A del Anexo Técnico del Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos.

La información básica sobre la detección se transmitirá de forma inmediata (descripción y medidas del objeto, fotografía, país de procedencia, tasa de dosis medida en contacto y a 1 m, etc.). Para el envío del resto de la información (isótopo o espectro, y actividad) o presentación de un informe completo, se establece un margen de tiempo, en función de los protocolos aplicables (6 meses en el caso del Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos), siempre y cuando el material no presente ningún peligro inmediato.

Las actuaciones presentadas, están referidas a instalaciones con pórtico, medidores portátiles y personal con formación básica y especializada (en el apartado 5.4 de esta guía, aparece más información al respecto). En instalaciones o circunstancias en que se apliquen otros protocolos, la operativa presentada puede variar ligeramente, por ejemplo: en puertos de interés estaría incluida la inspección de la carga con pórtico espectrométrico.

7.2. Detección de material radiactivo en los productos resultantes del proceso de fundición o fragmentación de los materiales metálicos y otros materiales

En el caso de detectar niveles de radiación anómalos o contaminación radiactiva en alguno de los productos resultantes del proceso de fundición, fragmentación o similar, como consecuencia del posible procesamiento accidental (fusión, fragmentación) de una fuente radiactiva, la empresa realizaría las siguientes actuaciones:

7.2.1. Actuaciones iniciales

Estas actuaciones se aplicarían por personal de la instalación afectada por el incidente, con la supervisión de la UTPR con la que mantenga una relación contractual. También puede denominarse *intervención primaria*.

1) Confirmación de la detección, para ello:

- Rearmar y volver a operar sistemas de detección.
- Aplicar detectores manuales en el punto de detección y en otros puntos de los procesos y productos resultantes (con asistencia de técnicos especializados en PR).
- Tomar muestras de todos los productos resultantes (metal, escoria, polvo de humos, triturados metálicos, u otros productos), y proceder a su análisis radiológico (con asistencia de técnicos especializados en PR y laboratorio acreditado).

2) Detención de la actividad productiva, medidas de autoprotección e informar.

- a) Detención de actividad productiva involucrada en el procesamiento de la fuente radiactiva (artículo 9 del RD 451/2020): detener todas las fases del proceso que se encuentren afectadas, salvo aquellas en las que su funcionamiento ayude a aminorar las consecuencias, así como las labores de limpieza y descontaminación.
 - En el caso de detectar contaminación en el polvo de acería o en los conductos del sistema de ventilación (por ejemplo, debido a fusión de una fuente de Cs-137): mantener operando los sistemas de ventilación para facilitar la extracción de las áreas operativas hacia los filtros del sistema de ventilación y silo de polvo de humos. Previamente habrá que analizar el buen estado de los filtros para evitar posibles emisiones al exterior de la instalación.
 - En caso de detectar contaminación en el acero (por ejemplo, debido a fusión de una fuente de Co-60 o Ir-192): finalizar el proceso hasta la obtención del producto final con objeto de facilitar la posterior gestión del material contaminado. Previamente habrá que haber analizado la posibilidad real de llevar a cabo la medida debido a la posible incidencia en la instrumentación de los hornos y la dosis a los trabajadores.
- b) Informar inmediatamente a las autoridades competentes (artículo 9 del RD 451/2020): Consejo de Seguridad Nuclear, a la DGPCCE, y al órgano competente en materia de protección civil de la comunidad autónoma y a la Delegación o Subdelegación del Gobierno.
- c) Desarrollar las medidas de autoprotección precisas: aplicar las acciones urgentes que determine el CSN con el fin de proteger a los trabajadores de la instalación, a los miembros del público y al medio ambiente (artículo 9 del RD 451/2020).

3) Aplicación de medidas adicionales e intervención especializada de una UTPR.

- a) Aplicación de medidas adicionales de autoprotección:
 - Suspender inmediatamente la salida de productos resultantes de la instalación que hayan estado en contacto con las fases del proceso que presumiblemente puedan haber estado contaminadas.
 - Notificar la situación a cualquier destinatario que haya recibido productos resultantes que se crean afectados por el incidente, si los hubiere.

- En caso de posibilidad de haberse distribuido el material radiactivo al mercado, la instalación en coordinación con la autoridad reguladora y la organización de respuesta a emergencias radiológicas, deberán emprender medidas para rastrear y retener o incautar los productos, informando al público y asegurando su protección.
- b) Requerir la actuación de una UTPR autorizada, para determinar el alcance de la contaminación en la línea de proceso y en su entorno inmediato.
- Restringir el acceso al área afectada por el incidente y señalizarla.
 - Informar al personal sobre el suceso e identificar a los posibles afectados a fin de realizar la evaluación de las dosis recibidas por los mismos (exposición externa y contaminación interna).
- c) Aplicar las medidas excepcionales para evitar la dispersión de material radiactivo que establezcan las autoridades.

7.2.2. Evaluación del alcance de la contaminación

Estas actuaciones se aplicarían por personal especializado de una UTPR, bajo supervisión del CSN. También puede denominarse intervención especializada.

- 1) Determinar el alcance de la contaminación en la línea de proceso y en su entorno inmediato.
- 2) Elaborar un plan de acción para adoptar las medidas de protección radiológica y de gestión de materiales que sean necesarias para descontaminar la instalación y gestionar de forma segura los residuos resultantes de las operaciones, denominado *Plan de limpieza y descontaminación*. Los aspectos de este plan se tratan en el apartado 7.3 de esta guía.
- 3) Confirmar que las concentraciones medidas en las muestras son superiores a los valores de referencia referidos en el anexo IV (tablas A1 y A2) del RD 1217/2024, para determinar qué material debe ser gestionado como residuo radiactivo (por Enresa). Los aspectos de gestión de residuos radiactivos y transferencia de material radiactivo se tratan respectivamente en los apartados 7.3 y 7.5 de esta guía.

7.3. Plan de limpieza y descontaminación de la instalación tras la detección de material radiactivo en los productos resultantes del proceso de fundición o fragmentación de los materiales metálicos y otros materiales

El Plan de limpieza y descontaminación de la instalación afectada será requerido a la instalación por las autoridades competentes.

Este plan será redactado y ejecutado por una UTPR especializada en el ámbito de fuentes huérfanas, autorizada por el CSN para la prestación de este servicio y para el control de los trabajos asociados. Este plan deberá estar refrendado por el titular de la instalación y haber sido informado favorablemente por el CSN antes de su ejecución (artículo 9 del RD 451/2020).

Como ha sido indicado, el Plan de limpieza y descontaminación contendrá las medidas de protección radiológica y de gestión de materiales que sean necesarias para descontaminar la instalación y gestionar de forma segura los residuos resultantes de las operaciones.

El contenido referido genérico de estos planes es el siguiente:

- Criterios radiológicos que se habrán de utilizar para cumplir con el límite de dosis establecido en el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI).
- Caracterización radiológica de todas las partes que han resultado contaminadas, e identificación de zonas y equipos que requieren descontaminación (línea de proceso y de los productos y subproductos afectados).
- Labores y maquinaria a utilizar para la limpieza y descontaminación de la instalación, incluyendo medidas para prevenir la dispersión de la contaminación.
- Personal encargado de la limpieza.
- Plan de pruebas a realizar.
- Actuación de sistemas de la instalación tras la limpieza y descontaminación inicial de esta.
- Gestión de los residuos generados en la limpieza y descontaminación: medidas para la segregación, caracterización radiológica y almacenamiento de material y residuos radiactivos; acondicionamiento del lugar previsto para este almacenamiento, hasta la retirada por Enresa.

- Otros aspectos a considerar: medidas de protección radiológica fundamentales, supervisión de trabajos por UTPR (vigilancia y control radiológico).

Debe tenerse en cuenta que sería necesario adaptar este contenido a cada situación accidental particular, y que podrán establecerse por el CSN condiciones especiales para la ejecución de estos planes.

Para la planificación y ejecución de los trabajos del Plan de limpieza y descontaminación, además de lo dispuesto en esta guía, puede utilizarse como referencia el anexo 6 del Informe final de la estrategia para la prevención, detección y respuesta frente a la presencia inadvertida de material radiactivo en el reciclado de metales y otros procesos asociados (Guía del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares).

7.3.1. Objetivos o criterios radiológicos del plan

El objetivo de las actuaciones de limpieza y recuperación de la instalación será conseguir que la dosis residual máxima sea inferior al límite anual de dosis para miembros del público (de 1 mSv/año) establecido en el artículo 15 del Real Decreto 1029/2022, teniendo en cuenta las distintas vías de exposición.

Para el cumplimiento de dicho criterio se fijan los siguientes niveles derivados:

- Tasa de dosis (TD): En cada una de las zonas afectadas, se intentará reducir el valor de la tasa de dosis a 0,5 $\mu\text{Sv/h}$. Este valor es derivado del límite de dosis para miembros del público (1 mSv/año), considerando una jornada laboral de 2000 h/año. Dicho valor podrá ser modificado en función del nivel de ocupación de cada zona.
- Actividad superficial (beta-gamma): En las zonas afectadas, los niveles de actividad superficial total (fija + desprendible) serán lo más bajos posibles, estableciéndose como objetivo a alcanzar el valor de 4 Bq/cm², para actividad superficial fija; y 0,4 Bq/cm², para actividad superficial desprendible.
- Concentración de actividad: Se considerará residuo radiactivo (a gestionar por Enresa), todos aquellos materiales cuya concentración de actividad supere los valores de referencia. Independientemente de lo anterior, los criterios para determinar el tipo de gestión de material radiactivo residual, generado en trabajos de descontaminación, estarán basados en lo dispuesto en el anexo III del RD 1217/2024, y considerando que se deberán adaptar a cada situación particular, deberán ser aprobados con el Plan de limpieza y descontaminación de la instalación.

La definición de los objetivos radiológicos se realizará teniendo en cuenta principios de optimización, y este concepto será aplicado durante el desarrollo de estos trabajos, para reducir en la medida de lo posible, la exposición a la radiación.

7.3.2. Descripción de los trabajos de limpieza y descontaminación

Se indicarán los trabajos que se realizarán en todas aquellas partes de la instalación que como consecuencia del procesamiento accidental hayan resultado afectadas, como podrían ser, por ejemplo:

- En el caso de fusión (de fuente de Cs-137): sistema de depuración de polvo de humos, silos, cisternas de camiones con polvo, etc.
- En el caso de rotura (de una fuente): fragmentadora, sistemas de aspiración, residuo ligero, metales contaminados, prensa-cizalla, etc.

Se describirán en detalle los métodos de descontaminación a aplicar y los medios técnicos necesarios, bien sean aportados por la entidad especializada (UTPR) o por la instalación.

7.3.3. Personal encargado de la limpieza y descontaminación

Los trabajos de limpieza y descontaminación han de ser realizados por personal expuesto a radiaciones ionizantes (de acuerdo con lo indicado en el artículo 4 del RD 1029/2022. Definición 84) de empresas con experiencia en limpieza y descontaminación de material radiactivo, y controlados por una UTPR autorizada por el CSN para la prestación de esta clase de servicios (artículo 9 del RD 451/2020).

Puede ser necesario que determinados trabajos tengan que ser realizados por personal de la instalación afectada por ser conocedor en profundidad de la instalación. La participación de personal de la instalación en estos trabajos puntuales deberá ser autorizada por el CSN (dentro del Plan de limpieza y descontaminación), y deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- No podrá realizarse en zonas con una tasa de dosis superior a 1 $\mu\text{Sv/h}$, y garantizando al mismo tiempo que no se supere el límite de dosis vigente para miembros del público (1 mSv/año), según el número de horas anuales de trabajo para cualquier miembro de la instalación.
- Los trabajos se realizarán en zonas donde no exista riesgo de contaminación interna.
- Se dotará al personal de dosímetro personal y equipos de protección radiológica adecuados.

- Se actuará en compañía de un técnico de protección radiológica.
- El personal deberá haber sido informado de los riesgos y procedimiento de trabajo.

Los trabajos de protección radiológica serán realizados por una UTPR autorizada por el CSN y requerirán al menos de un técnico/a, con la cualificación adecuada en protección radiológica para supervisar los trabajos.

Adicionalmente habrá un técnico/a especialista en protección radiológica por turno y por cada zona contaminada en la cual se trabaje simultáneamente en el mismo turno.

7.3.4. Protección radiológica durante la limpieza y descontaminación

Se describirán los trabajos que se vayan a realizar dentro del ámbito de la protección radiológica. Estos trabajos serán:

- Vigilancia y control radiológico de la planta: medición de la tasa de dosis y actividad superficial en las zonas de la instalación objeto de descontaminación y limpieza, así como las zonas circundantes.
- Monitores de vigilancia radiológica (continua durante los trabajos de descontaminación).
- Medidas de prevención de la dispersión de la contaminación: delimitación y clasificación de zonas, establecimiento de zonas de paso, determinación de zonas para almacenamiento y acopio de residuos, materiales a plastificar, etc.
- Determinación de equipos de protección individual a utilizar en cada zona, para las tareas a realizar en las zonas contaminadas (guantes, máscaras, buzos tyvek, calzas, máscaras respiratorias con filtros de partículas, etc.).
- Chequeo (monitorización operacional) de personal que realiza labores de limpieza y descontaminación, labores auxiliares, público en general potencialmente afectado: comprobación de niveles de radiación y contaminación, chequeo de contaminación de personas y materiales, a la salida de las zonas afectadas, etc.:
 - a. Metodología para efectuar el chequeo de personas (medidas de dosis y medidas de contaminación tanto externa como interna).
 - b. Metodología para efectuar el chequeo de materiales (medidas de contaminación).

El chequeo de miembros del público se aplicaría a todo el personal que se encontrase bajo responsabilidad del titular de la instalación, que no participe en las tareas del plan de limpieza: trabajadores/as, contratas, etc., y que pueda haber sido afectado por el incidente en la instalación.

- Toma de muestras (para posterior análisis) para cuantificación de material radiactivo (determinación de actividad específica) y determinación isotópica.

7.3.5. Plan de pruebas a realizar tras la limpieza y descontaminación

Los trabajos de limpieza en una zona o sistema finalizan cuando, por parte de la UTPR, se consideren cumplidos los criterios radiológicos, es decir, cuando el nivel de contaminación se encuentre dentro de los valores de referencia fijados por la autoridad reguladora. Con objeto de verificar los resultados obtenidos en la limpieza, se solicitará el visto bueno del CSN para realizar una serie de pruebas en la que se puede incluir el arranque del horno.

Los resultados de las pruebas servirán para confirmar que se han cumplido los criterios radiológicos (resultados obtenidos en dichas pruebas inferiores a los criterios radiológicos), en cuyo caso, se puede pedir el visto bueno al CSN para la vuelta a la actividad productiva normal de la instalación. En caso contrario se deberá seguir limpiando todos los sistemas afectados y seguir realizando pruebas.

7.3.6. Gestión de residuos generados. Caracterización de residuos radiactivos

Los residuos generados se irán acondicionando e introduciendo en recipientes adecuados. Todos los recipientes se caracterizarán radiológicamente, para lo cual se realizarán las siguientes medidas:

- Medición de los niveles de radiación en contacto por todos los lados, por arriba y a un metro de distancia en el punto de mayor tasa de dosis de los recipientes usados para el almacenamiento de residuos (bolsas tipo *big-bag*, bidones, etc.). Se anotará para cada recipiente el valor máximo medido en cada uno de los lados, caras, superficie lateral, etc.
- Análisis espectrométrico a cada una de las muestras recogidas de cada uno de los recipientes generados, siempre que por el tamaño y naturaleza del material permita un muestreo representativo del contenido. En el caso de *big-bag* de 1 m³ de capacidad con polvo de acería o material similar, para que la muestra sea representativa del total se podrá utilizar como método de muestreo, la toma de muestras de manera fraccionada en tres veces, según se vaya produciendo el llenado. Cada una de ellas se introducirá en una bolsa para proceder a la mezcla y homogeneización del contenido. Desde el punto de vista operativo es más recomendable obtener muestras según se vaya llenando el recipiente. En caso contrario, habría que tomar las muestras con un útil que alcanzara la zona inferior del contenedor y tomar tres muestras a distintas alturas.

Para el análisis de las muestras se deberá contar con la colaboración de un laboratorio externo especializado en la medida de radiactividad, que deberá estar acreditado para el análisis radiológico y disponer de un sistema de gestión de calidad reconocido, tal y como se describe en la norma UNE “Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (UNE-EN ISO/IEC 17025)” de julio 2005.

Este laboratorio podrá realizar el análisis de todas las muestras o bien, validar los resultados de las medidas realizadas en el espectrómetro que posea la instalación mediante el contraste de los resultados de una serie de muestras (en este caso es recomendable que el número de análisis realizado en el laboratorio no sea inferior a 15).

Como criterio orientativo, habrá que disponer de al menos 120 recipientes de 1 m³ de capacidad, y el mismo número de recipientes para el análisis cuantitativo de las muestras, cuya capacidad sea tal que permita introducir dicha muestra dentro de los espectrómetros donde se vayan a realizar las medidas.

- Determinación de actividad superficial fija y desprendible (bultos).
- Estimación de actividad, que podrá basarse en cálculos utilizando métodos teóricos de cálculo de blindajes y niveles de radiación medidos en los diferentes recipientes. Para ello se modelizará cada recipiente con su contenido obteniéndose un factor de conversión de tasa de dosis a actividad. El resultado se comparará con las medidas de caracterización radiológica realizadas en laboratorio.

Los residuos radiactivos generados deberán ser gestionados por Enresa (artículo 9 del RD 451/2020). La entidad afectada tendrá que suscribir con Enresa las especificaciones técnico-administrativas de aceptación de residuos radiactivos aprobadas por la DG PCE (artículo 11 del RD 102/2014).

7.3.7. Gestión de residuos generados. Acondicionamiento y almacenamiento temporal de residuos radiactivos

Será habilitada una zona suficientemente amplia para el acopio de todos los recipientes que contengan material contaminado. Dicha zona tendría que cumplir los siguientes requisitos:

- Zona segura para evitar la intrusión de personas ajenas a la instalación.
- Solera con superficie impermeable (de hormigón o asfalto, cubierta por un material plástico), nunca de tierra.
- Superficie techada para protección contra el agua de lluvia.
- Zona poco transitada por el personal de la instalación, estará acordonada según criterios radiológicos.

Los residuos generados se introducirán segregados por tipo de material en recipientes adecuados de material resistente y de tamaño apropiado, de manera que permitan su fácil manipulación y estiba, en cantidad acorde al tamaño de la planta y al volumen previsto. El llenado de estos se realizará lo más homogéneamente posible en cuanto a sus características radiológicas.

Se prestará atención a la segregación previa de materiales con contenido radiactivo de aquellos que no estén contaminados, evitando desde el principio de las operaciones la mezcla de estos. Los recipientes en los que se introduzcan los residuos irán referenciados. De manera orientativa, podrán utilizarse los siguientes tipos:

- Bolsas tipo *big-bag* de 1 m³ de capacidad.
- Bidones de 220 o 400 litros de capacidad.

Independientemente, para los materiales que por sus características radiológicas se vayan a retirar como residuo radiactivo, se acordará con Enresa el tipo de contenedor y acondicionamiento que se pueda realizar para su retirada.

De acuerdo con Enresa, y previo visto bueno del CSN, se podrán aplicar tratamientos para optimizar el volumen de residuos (compactación de materiales contaminados).

Los recipientes de residuos estarán señalizados e identificados, y si es necesario se dotarán de blindaje contra las radiaciones.

El titular podrá solicitar la desclasificación de acuerdo a lo indicado en el punto 2 del anexo III del RD 1217/2024, donde los residuos tendrán que cumplir unas determinadas condiciones en lo relativo a actividad, transporte, almacenamiento y posible uso posterior de los mismos. Esta desclasificación condicionada deberá contar con la aprobación del CSN de acuerdo con el anexo III del RD 1217/2024 y deberá figurar dentro del Plan de limpieza y descontaminación de la instalación. Se deberán cumplir en todo momento, lo indicado en el punto 2 del anexo III del RD 1217/2024, es decir:

- a) La dosis efectiva esperable para cualquier persona como consecuencia de la gestión de los materiales una vez desclasificados es del orden de 10 μ Sv/año o inferior.
- b) La dosis efectiva estimada, en escenarios de muy baja probabilidad, para cualquier persona como consecuencia de la gestión de los materiales una vez desclasificados no excederá de 1 mSv/año.
- c) La gestión prevista para los materiales desclasificados se considera justificada y es inherentemente segura.

Estos residuos podrán ser expedidos o gestionados como residuo convencional. No obstante, será necesario que se informe al CSN sobre el destino de estos.

7.3.8. Informe final de actuaciones derivadas del plan

La instalación informará al CSN de todas las actuaciones que vaya realizando, y a la conclusión de los trabajos de limpieza y descontaminación, presentará un informe final como paso previo para la normalización de la instalación. Este informe final de actuaciones es un documento distinto al Plan de limpieza y descontaminación.

7.3.9. Normalización de la instalación

El Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, en concreto la DGPCE, autorizará la normalización de la instalación previo informe favorable del CSN.

7.4. Actuaciones especiales de emergencia

Las actuaciones especiales de emergencia por sucesos como procesamiento accidental de una fuente o en general, por situaciones de emergencia debidas a fuentes huérfanas, justificadas por verse comprometida la protección de los trabajadores o trabajadoras y la del público en general, contemplarán una serie de medidas a aplicar en fase de emergencia, adicionales, no presentadas en los puntos anteriores. En estos casos, en coordinación con las autoridades competentes (CSN y Protección Civil), se aplicarán, siempre de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 15 del RD 451/2020:

- Medidas del plan de autoprotección, a nivel de la instalación.
- Medidas específicas contempladas en los protocolos a los que se encuentre adherida la instalación (Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos, Vigilancia Radiológica en Puertos).
- Planes de Protección Civil frente a emergencias radiológicas (Guía de desarrollo: Guía Técnica del CSN para el Desarrollo y la Implantación de los Criterios Radiológicos de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico).

7.5. Gestión final de material radiactivo: Retirada de residuos radiactivos

7.5.1. Materiales generados a partir de una detección

Una vez realizado el acondicionamiento de residuos radiactivos (clasificados como tal en función de los valores de referencia) y situados en el lugar de almacenamiento temporal de la instalación, debe tramitarse la transferencia de este material a la entidad autorizada al efecto en España, Enresa, esto si la retirada no ha sido efectuada anteriormente como acción urgente debida a situación de emergencia.

La transferencia de material radiactivo a Enresa, en función de la situación de la entidad que la solicita, se efectuará mediante:

- Transferencia genérica, para entidades adscritas al Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos (trámite simplificado, delegado al órgano competente del CSN). Se inicia por el CSN de oficio, una vez que la instalación haya aportado todos los datos de caracterización del material radiactivo, referidos el apartado 7.1 de esta guía.
- Transferencia específica, para el resto de las entidades (la transferencia la autoriza la DGPCE, previo informe del CSN). La transferencia del material debe ser solicitada a la DGPCE, según lo dispuesto en el artículo 13 del RD 451/2020.

La transferencia a Enresa del material radiactivo, en caso de que la instalación no esté adscrita al Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos deberá solicitarse por registro a la DGPCE, aportando la siguiente documentación (artículo 13 del RD 451/2020):

- a) Identificación de la empresa o entidad.
- b) Descripción del material o equipos radiactivos.
- c) Procedencia de los materiales o equipos radiactivos.
- d) Ubicación del lugar de almacenamiento seguro del material o equipos radiactivos.
- e) Medios de señalización y seguridad de que se disponga para impedir el acceso de personal no autorizado a los materiales o equipos radiactivos cuya transferencia se solicita.
- f) Informe realizado por la Unidad Técnica de Protección Radiológica autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear para la prestación de servicios en este ámbito.

Hasta que el material sea retirado, la entidad titular del mismo será responsable de su custodia y almacenamiento en condiciones seguras.

7.5.2. Materiales generados en labores de descontaminación

En relación con la retirada de residuos radiactivos generados en las labores de limpieza y descontaminación, esta quedaría aprobada intrínsecamente por el CSN al informar favorablemente el Plan de limpieza y descontaminación, el cual deberá incluir un acuerdo formal con Enresa para la retirada de los residuos radiactivos generados.

8. Información al CSN

El titular o el responsable de la instalación o actividad, una vez practicadas las oportunas acciones (de urgencia), según lo indicado en los apartados 7.1 y 7.2, dirigirá la correspondiente comunicación al CSN (teléfonos: 91 346 06 16 y 91 346 06 00; e-mail: marcha@csn.es; salem@csn.es; telefax: 91 346 04 71).

En general, en el caso de incidentes o emergencias debidos a fuentes huérfanas, se contactará con el CSN de forma urgente, comunicando la siguiente información disponible acerca del suceso (datos a aportar con carácter orientativo):

- a) El nombre y dirección del lugar del incidente/accidente.
- b) El nombre, número de teléfono y organización a la que pertenece el comunicante.
- c) La fecha y hora de ocurrencia del suceso.
- d) Naturaleza y descripción del suceso (localización y detección del material radiactivo).
- e) Estado físico del material radiactivo.
 - Estado de conservación (intacta o dañada).
 - Datos de la etiqueta del bulto radiactivo: actividad, índice de transporte, etc.
 - Fotografías, planos o descripciones de la fuente o material radiactivo, de las etiquetas y del emplazamiento.
- f) Datos radiológicos del material radiactivo.
 - Radionucleidos implicados.

- Resultados de cualquier medida de exposición o contaminación efectuada, así como identificación de la persona que las ha realizado y el equipo utilizado.
- g) Miembros del público potencialmente expuestos a la radiación o lesionados (o que han manipulado la fuente/material radiactivo). Tipo de asistencia que se requiere; (las personas potencialmente expuestas a la radiación deberán ser identificadas para su posterior control).
- h) Si se ha notificado a algún otro organismo público.

9. Registros y archivo

El titular de la instalación o actividad mantendrá un archivo donde se registre la fecha en que se realizaron las vigilancias radiológicas a los cargamentos de chatarra u otros materiales y a los productos resultantes del proceso productivo. Estos registros serán archivados durante un periodo mínimo de seis meses.

Cada detección de material radiactivo concluiría con la emisión de un informe en el que se describan las actuaciones realizadas y sus resultados. Este informe, junto con la documentación correspondiente, será archivado por el titular de la instalación durante un período mínimo de tres años.

Adicionalmente, tanto los titulares de la actividad como las entidades especializadas (UTPR) que hayan realizado actuaciones ante detecciones de material radiactivo o ante procesamiento accidental de fuentes radiactivas, prepararán y mantendrán, en cada caso aplicable, los siguientes registros e informes y los mantendrán archivados durante un período mínimo de tres años:

- Registro de los datos de detecciones (puede emplearse en formato del anexo 2A del Anexo Técnico del Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos).
- Informe de las actuaciones ante detecciones. Se puede tomar como referencia el siguiente contenido:
 - i. Información sobre la detección.
 - ii. Control radiológico de la carga y actuaciones iniciales de la instalación.
 - iii. Medios aportados para la intervención.
 - iv. Segregación del material radiactivo.

- v. Caracterización del material radiactivo.
- vi. Estimación de actividad.
- vii. Acondicionamiento y almacenamiento.
- Registro de los datos del proceso de descontaminación (incorporados a cada plan de limpieza y descontaminación): registro de los datos de ejecución del plan: dosis individuales, radiación externa (TD), niveles de contaminación medidos, volumen de residuos, etc.
- Planes de limpieza y descontaminación de la instalación (contenidos descritos en el apartado 7.3 de esta guía).
- Informe de las actuaciones ante fusiones o fragmentaciones. Se puede tomar como referencia el siguiente contenido:
 - i. Funcionamiento de la planta.
 - ii. Sistemas de detección de la radiación instalados.
 - iii. Descripción cronológica del suceso.
 - iv. Situación radiométrica inicial de la instalación.
 - v. Recuperación de la instalación.
 - vi. Descontaminación de equipos y maquinaria. Técnicas utilizadas.
 - vii. Situación radiométrica final de la instalación.
 - viii. Gestión de residuos radiactivos. Expediciones realizadas.
 - ix. Normas de protección radiológica usadas.
 - x. Dosimetría del personal durante la intervención.
 - xi. Procedimientos utilizados.
 - xii. Conclusiones.

10. Referencias

Para la elaboración de esta guía, se ha tenido en cuenta la siguiente relación de normativa y documentos de referencia:

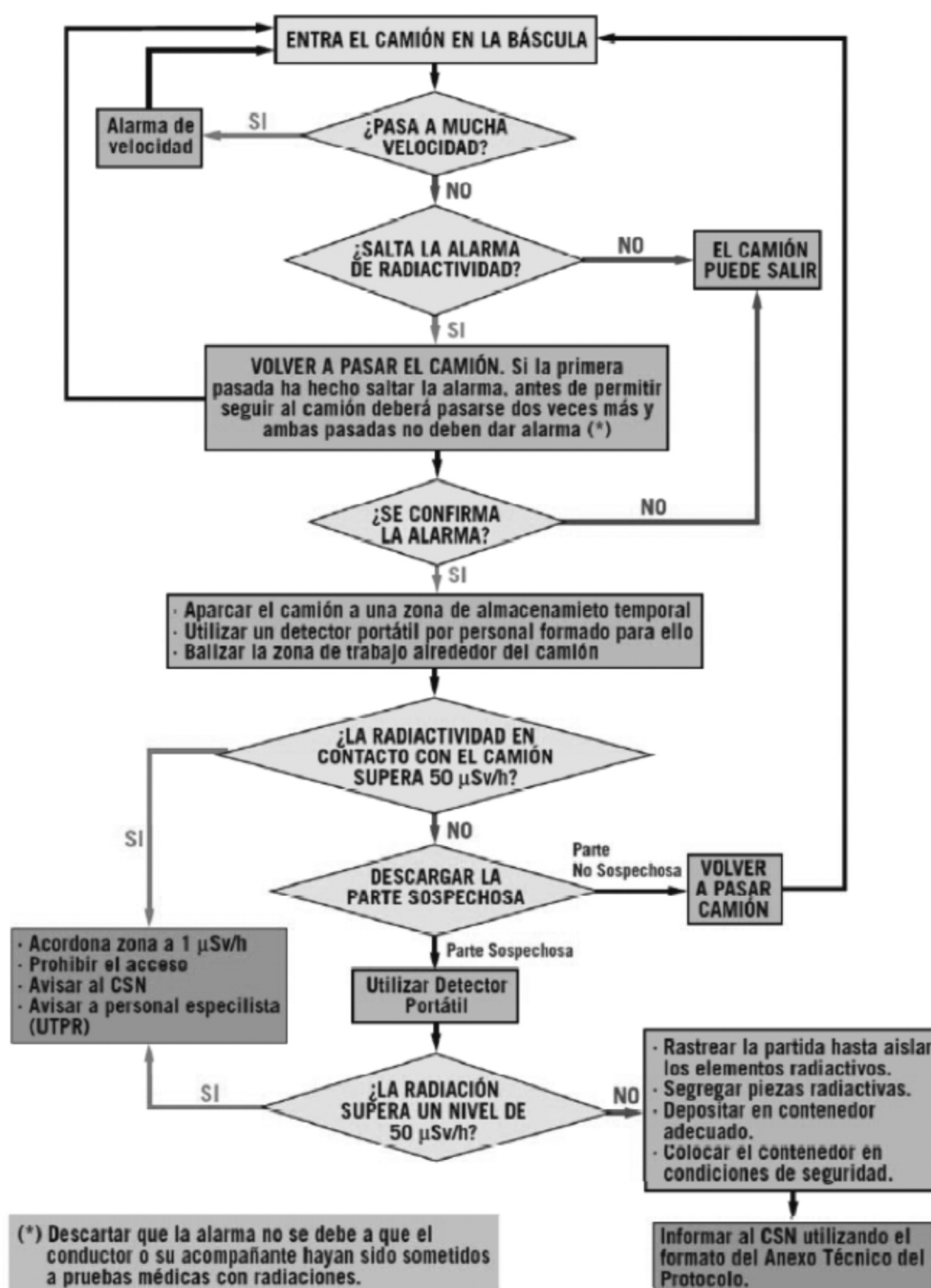
- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Real Decreto 1217/2024, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, y otras actividades relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes.
- Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.
- Real Decreto 102/2014, de 21 de febrero, para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y los residuos radiactivos.
- Directiva 2013/59/Euratom, del Consejo de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.
- UNE_ISO 11929-1:2021 Determinación de los límites característicos (umbral de decisión, límite de detección y límites del intervalo de cobertura) para mediciones de radiación ionizante. Fundamentos y aplicación. Parte 1: Aplicaciones elementales (ISO 11929-1:2019). (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en marzo de 2021).
- Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos (Rev.2, de 29 de abril de 2015), MITECO.
- Protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de material radiactivo en puertos de interés general (Protocolo Megaport, firmado en Madrid, el 15 de junio de 2010), CSN.

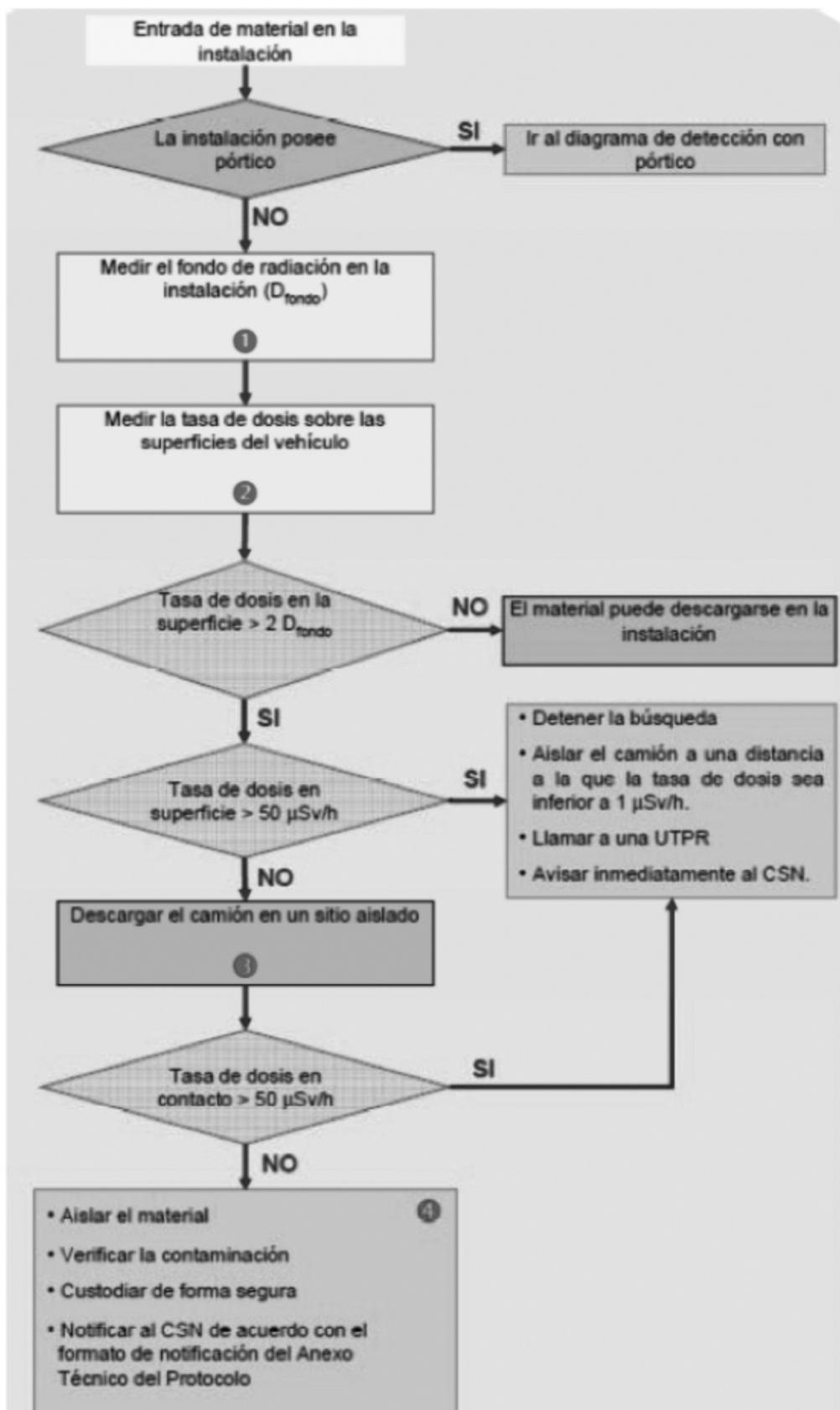
- Guía técnica para la caracterización, acondicionamiento y almacenamiento de residuos radiactivos en espera de ser retirados, en el marco del Protocolo de vigilancia radiológica para los materiales metálicos (Enresa, A10-IF-UT-0440), CSN.
- Informe final de Estrategia para la prevención, detección y respuesta frente a la presencia inadvertida de material radiactivo en el reciclado de metales y otros procesos asociados, o Guía del Foro (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2011), CSN.
- Circular nº8/2019 acerca del procedimiento de autorización de unidades técnicas de protección radiológica para prestar servicio de asesoramiento en materia de recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador.
- Circular nº2/2020 acerca de la aplicación práctica del RD 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de fuentes radiactivas huérfanas.

11. Anexos

Anexo I

Diagrama de flujo para el procedimiento de control de materiales (chatarra) a la entrada de instalaciones con pórtico y con instrumentación portátil.





①

Antes de medir el valor de fondo, se comprobará que el nivel de carga de la batería es correcto (mirar las especificaciones del fabricante).

Realizar 10 medidas de fondo en un lugar donde no se sospeche la presencia de material radiactivo. A modo orientativo y siempre que se pueda, se realizará la medida en el mismo lugar donde se vaya a efectuar la vigilancia radiológica de la entrada de materiales. Esta medida se hará siempre que no haya ningún camión presente en el lugar.

Anotar las lecturas y calcular el valor medio.

Algunos radiómetros calculan automáticamente el valor medio para un determinado periodo de medida (en este caso, el periodo de medida no deberá ser inferior a 3 minutos).

②

La medida de la tasa de dosis se efectúa acercándose progresivamente al vehículo. Si la tasa de dosis medida es superior a 50 $\mu\text{Sv/h}$, se deberá parar la inspección y realizar las acciones descritas para el supuesto de que la tasa de dosis en superficie supere este valor.

Las medidas se realizarán en todo el perímetro de la caja en intervalos de un metro, a una distancia de 5 cm de la superficie y a la altura media de la carga del vehículo.

③

Se deberá tener prevista una área de descarga específica.

La descarga del cargamento se efectuará sobre una superficie con suelo duro. Para evitar una posible contaminación del suelo, se puede recubrir la zona de descarga con una cubierta plástica o con una pintura descontaminable.

En el momento de la descarga, se cerrarán las ventanas del vehículo y se detendrá la ventilación. Si la presencia del chófer del vehículo no es necesaria para efectuar la descarga, el chófer se alejará del lugar de intervención. El personal que realice la intervención y el que manipule el cargamento deberá llevar equipo de protección personal consistente en guantes de protección, una máscara antipolvo, un mono desechable y cubre zapatos.

La descarga se efectuará de manera progresiva y en pequeños lotes (en torno a 500 kg y extendiendo dicho material de forma uniforme sobre el suelo). Cada lote deberá ser caracterizado radiológicamente (es decir, se caracterizará toda la carga para evitar que pueda haber otra pieza con contenido radiactivo) y si se encuentra alguna pieza cuyo valor en contacto sea superior a dos veces el valor de fondo deberá ser aislada y custodiada.

Durante la operación, la persona que efectúa la intervención medirá la tasa de dosis continuamente.

④

El material segregado se colocará en una bolsa de plástico y luego en un contenedor situado en un cuarto cerrado con llave. Se colocará el trébol radiactivo sobre el contenedor con el fin de que sea visible para todo aquel que entre en el local. Si se utilizan varios contenedores, cada uno deberá estar claramente numerado. La tasa de dosis medida sobre la pared externa de cada local, incluido el nivel de fondo, no podrá ser superior a 1 $\mu\text{Sv/hora}$ en todos los casos y 0,5 $\mu\text{Sv/hora}$ si hubiera un puesto de trabajo permanente contiguo a este local. El objeto deberá estar protegido de la temperie.

Anexo II

Programas formativos de jefe de Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) y Técnico/a experto/a en protección radiológica de UTPR; especializadas en el ámbito de material radiactivo huérfano (Referencia: *Circular de la DPR (CSN) nº 8/2019 acerca del procedimiento de autorización de unidades técnicas de protección radiológica para prestar servicio de asesoramiento en materia de recuperación de fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador*).

PROGRAMA DE FORMACIÓN PARA OBTENER EL DIPLOMA DE JEFE DE UNIDAD TÉCNICA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE MATERIAL RADIATIVO HUÉRFANO (Adjunto II de la Circular nº8/2019)

(25 horas lectivas: 15 teóricas y 10 prácticas)

1. Legislación y normativa específica aplicables. Exención y desclasificación.
2. Conceptos básicos y metrología de los radionucleidos naturales y artificiales.
3. Estadística de la radiación.
4. Instrumentación de protección radiológica.
 - a. Pórticos de radiación.
 - b. Pórticos espectrométricos.
 - c. Radiámetros.
 - d. Contaminómetros.
 - e. Espectrómetros (portátiles y de proceso).
5. El Protocolo de colaboración para la vigilancia radiológica de los materiales metálicos.
6. El Protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de material radiactivo en puertos de interés general.
7. Descripción de una empresa siderúrgica, metalúrgica y empresa destinada a la recuperación de metales. Riesgos radiológicos asociados a la empresa siderúrgica, metalúrgica y empresa destinada a la recuperación de metales. Vías de exposición. Clasificación y señalización de zonas. Medidas de protección radiológica en situación normal y en situaciones accidentales.
8. Procesos de calibración y verificación de pórticos de radiación.

9. Modelos y herramientas de cálculo de dosis. Análisis cualitativo y cuantitativo.
10. Dosimetría interna y externa.
11. Planes de limpieza y descontaminación. Técnicas de limpieza.
12. Gestión de residuos radiactivos generados en la detección y limpieza. Caracterización radiológica, clasificación y señalización.
13. Trabajadores externos.

PROGRAMA DE FORMACIÓN PARA EL TÉCNICO EXPERTO EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE UNA UTPR EN MATERIA DE RECUPERACIÓN DE FUENTES HUÉRFANAS Y OTRO MATERIAL RADIATIVO FUERA DE CONTROL REGULADOR (Adjunto III de la Circular nº8/2019)

(12 horas lectivas, teóricas y prácticas)

Programa de formación teórica

1. Problemática específica de presencia de material radiactivo en chatarra. Protocolo y resolución sobre actuaciones y compromisos.
2. Radiaciones ionizantes: radiación natural y artificial. El átomo: la tabla periódica. Radiactividad: isótopos radiactivos. Magnitudes y unidades radiológicas.
3. Usos y aplicaciones de las radiaciones ionizantes: equipos, materiales y fuentes. Residuos Radiactivos. Riesgos radiológicos y efectos sobre la salud.
4. Principios básicos de protección radiológica.
5. Detección y medida de la radiación. Detectores y pórticos. Monitores de radiación y contaminación.
6. Actuación en caso de detección. Localización, segregación y acondicionamiento. Gestión final de los materiales.

Programa de formación práctica

Uso de equipos de detección de la radiación ionizante. Medida de niveles de radiación y contaminación ambiental y superficial. Verificaciones previas y calibración. Interpretación de resultados. Criterios de selección de los equipos detectores en función del tipo, energía e intensidad de la radiación incidente.

Dosímetros personales: tipos y características. Dosímetros cuya lectura es realizada por centros debidamente autorizados por el CSN y dosímetros operacionales de lectura directa.

Manejo y precauciones. Dosimetría interna.

Comprobación de la variación de la dosis producida por una fuente de radiación puntual en función de la distancia, tiempo de exposición y blindaje. Determinación de estos factores en casos prácticos en función a los niveles de radiación medidos o estimados.

Uso de sistemas de protección personal. Procedimientos de descontaminación aplicables a personas, materiales y equipos.

Gestión de residuos: clasificación, almacenamiento, etiquetado, registro.

Clasificación y señalización de zonas de trabajo.

Los programas formativos específicos de técnicos de UTPR pueden ser impartidos por las UTPR autorizadas en el ámbito de fuentes huérfanas, y por otras entidades reconocidas (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa)).

Anexo III

Criterios para la autorización de UTPR especializadas en fuentes huérfanas y otro material radiactivo fuera de control regulador.

1) Documentación de la solicitud

Las UTPR deberán contar con autorización para prestar servicio, según lo dispuesto en el artículo 26 del RD 1029/2022. La autorización de estas entidades se sustenta en una serie de documentos que demuestran el cumplimiento de unos criterios de aceptación. Estos documentos desarrollarán los diferentes aspectos de la actividad especializada de la UTPR, agrupados en: ámbito de actuación y alcance de las actividades; descripción de los recursos humanos disponibles; descripción de los medios técnicos previstos para llevar a cabo las actividades objeto de la solicitud; procedimientos técnicos necesarios para el desarrollo de las actividades objeto de solicitud; registros e informes.

2) Ámbito de actuación y alcance de las actividades

En la Memoria de actividades o documento equivalente, quedarían definidas las actividades que la UTPR pretenda realizar dentro del ámbito de actuación solicitado. Se señalan las siguientes actividades básicas:

1. Actividades a realizar en caso de detección de material radiactivo huérfano
 - i) Localización y segregación del material radiactivo.
 - ii) Medidas radiológicas.
 - a. Determinación del radionucleido.
 - b. Medidas de tasa de dosis.
 - c. Contaminación superficial fija y desprendible.
 - iii) Aislamiento y señalización de zonas afectadas.
 - iv) Cuantificación de la actividad del material radiactivo.
 - v) Acondicionamiento del material radiactivo como residuo para su posterior retirada por Enresa.
2. Actividades a realizar en caso de fusión, fragmentación o cizallamiento de fuentes radiactivas
 - i) Vigilancia y control radiológico de la instalación (medidas de tasa de dosis y de actividad superficial de las zonas de la instalación objeto de descontaminación, así como de zonas circundantes).

- ii) Medidas de prevención de la dispersión de la contaminación (delimitación y clasificación de zonas, establecimiento de las zonas de paso, determinación zonas para almacenamiento y acopio de residuos).
- iii) Establecimiento de equipos de protección individual para las diferentes tareas a realizar en las zonas contaminadas.
- iv) Chequeo de personal que realiza labores de limpieza y descontaminación, labores auxiliares, público en general (comprobación de niveles de radiación y contaminación, chequeo de contaminación de personas y materiales, etc.).
- v) Toma de muestras y posterior análisis de las mismas para cuantificación de la medida y determinación isotópica.
- vi) Caracterización de bultos y residuos radiactivos.
- vii) Acondicionamiento de bultos para su posterior retirada por Enresa.

La UTPR también podrá desempeñar las siguientes actividades relacionadas con la recuperación de fuentes huérfanas:

- Actuaciones en lugares de tránsito (reguladas por el capítulo III del RD 451/2020), incluyendo el contexto de iniciativas como Megaport.
- Actuaciones en emergencias debidas a fuentes huérfanas (reguladas por los artículos 9 y 15 del RD 451/2020).
- Impartición de formación a trabajadores potencialmente expuestos a fuentes huérfanas (regulada por el artículo 14 del RD 451/2020).
- Otras actividades complementarias de la UTPR, dentro del marco del RD 451/2020.

Para el desempeño de estas actividades, la UTPR seguirá lo dispuesto en los artículos aplicables del RD 451/2021.

- La formación de trabajadores expuestos deberá recoger el programa del artículo 14 del RD 451/2020.
- Las actividades de asesoramiento a instalaciones en el marco del RD 451/2020, deberán cumplir lo dispuesto en los artículos que sean aplicables de este real decreto: registro de instalaciones (artículo 6), instrumentación de vigilancia radiológica (artículo 7), transferencia de material radiactivo (artículo 13).

Para la definición completa del ámbito de actuación puede ser útil responder a las siguientes preguntas: ¿Qué actividades desempeña la UTPR?, ¿dónde desempeña estas actividades?

3) Descripción de los recursos humanos disponibles

En la documentación sobre personal (currículos, certificados de formación, organigramas, etc.) se definirán los siguientes aspectos:

1. La cualificación del/la jefe/a de la UTPR (JPR), propuesto/a.
2. La cualificación de los técnicos/as expertos/as en protección radiológica (TEPR).

Esta cualificación debería ser conforme a los requisitos expresados en el apartado 4.3 de esta Guía GS-10.12 (subapartado Personal). En dicho apartado de la guía también aparece información acerca de los mecanismos de acreditación de TEPR.

Para cada persona candidata, la documentación recogerá información sobre: diplomas, certificados de formación específica y experiencia.

Para acreditar el sistema de certificación de TEPR podrán aportarse: modelos de acreditación, procedimientos de formación y acreditación, o documentos equivalentes.

En relación a la disponibilidad de personal, la UTPR deberá disponer de al menos un JPR y de tantos técnicos (TEPR) como sea necesario, en función del alcance de los servicios que pretenda prestar esta UTPR candidata a autorización.

La estructura organizativa de la UTPR quedará definida con las correspondientes relaciones jerárquicas y se identificarán cuáles van a ser las unidades encargadas de las actividades relacionadas con fuentes huérfanas.

4) Descripción de los medios técnicos previstos

En la documentación sobre medios técnicos (relación de equipos, certificados de calibración, etc.) estarán definidos los siguientes aspectos:

1. Instrumentación radiométrica.
2. Equipamiento auxiliar.
3. Equipamiento de protección radiológica.
4. Herramientas de cálculo (programas) para estimación de actividad, o medios alternativos y medios para determinar actividad superficial desprendible.

Esta instrumentación debería cumplir los requisitos expresados en el apartado 4.3 de esta Guía GS-10.12 (subapartado *Medios técnicos*). Esta instrumentación estará identificada (indicación de: marca, modelo y número de serie).

La instrumentación será objeto de un programa de mantenimiento y calibraciones periódicas, conforme a la intensidad de su utilización. Serán aportados los correspondientes certificados de calibración actualizados (UTPR en activo), o las previsiones para la calibración periódica (UTPR de nueva creación).

Como equipamiento auxiliar, serán necesarios medios materiales para la caracterización de material radiactivo (por ejemplo: peso y medida de piezas, toma de fotografías); delimitación de zonas (por ejemplo: material para el balizamiento); toma de muestras, medios para la limpieza y descontaminación, etc.

Algunos equipos específicos (por ejemplo: maquinaria), podrían ser aportados por la instalación en la que la UTPR presta servicios. En este caso, esta circunstancia estará prevista en la documentación de la solicitud (modelo de contrato o documento alternativo).

Como equipamiento de protección radiológica, se citan, por ejemplo: tyvek, mascarilla, cubrecalzados, máscaras de filtro, etc.; además de equipo de protección convencional (casco, guantes, gafas, etc.).

En relación a la disponibilidad de medios técnicos, la UTPR dispondrá de una cantidad de los mismos, acorde al alcance de los servicios que pretenda prestar esta UTPR candidata a autorización. El personal encargado de la utilización de los medios técnicos deberá estar cualificado en su manejo.

5) Procedimientos técnicos necesarios para el desarrollo de las actividades

Los procedimientos de la UTPR desarrollarán la forma de realizar las actividades declaradas en el ámbito de actuación. Por ello, los procedimientos recogerán todas estas actividades, pudiendo presentarse procedimientos unificados o procedimientos independientes, a criterio de la UTPR.

Los procedimientos se desarrollan en el contexto de un sistema de gestión de calidad certificado según un estándar de calidad o norma reconocida.

Los procedimientos contendrán (como mínimo) las siguientes actividades esenciales:

1. Actuaciones ante detecciones de material radiactivo en las instalaciones de procesado de materiales metálicos y en otros lugares donde pueda aparecer material radiactivo huérfano.
2. Actuaciones ante fusión o fragmentación de fuentes radiactivas en las instalaciones de procesado de materiales metálicos.

Estas actividades, se desarrollarán en los procedimientos acorde a lo dispuesto en los artículos 8 y 9, respectivamente, del RD 451/2020; y recogerán exclusivamente actividades a desarrollar por la UTPR.

Asimismo, las actuaciones serán coherentes con el contexto en el que la UTPR presta servicios. Por ejemplo, en instalaciones adscritas al Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos, las actuaciones de la UTPR deberían ser coherentes con dicho protocolo. Este mismo planteamiento sería aplicable a puertos marítimos adscritos a Megaport.

Pueden ser procedimentadas actuaciones adicionales, aparte de las dos esenciales, para desarrollar los aspectos definidos en el ámbito de actuación de la UTPR (actuaciones de emergencia, formación, asesoramiento, etc.). Para estas actuaciones adicionales, el criterio que se seguirá es su adecuación a lo dispuesto para las mismas en el artículo correspondiente del RD 451/2020 (ver punto 2) de este anexo), y en los protocolos que sean aplicables.

Además, debe tenerse en cuenta que algunas de las actuaciones, aunque se desarrollen en contextos diferentes, pueden ser esencialmente las mismas que las definidas como actividades esenciales. Por ejemplo, las actuaciones de la UTPR ante una detección de material radiactivo en una instalación de procesamiento de metales y en un puerto marítimo, podrían seguir el mismo procedimiento.

Para el desarrollo en procedimiento de las dos actividades esenciales pueden tomarse como referencia los apartados 7.1, 7.2 y 7.3 de esta Guía GS-10.12, pero teniendo en cuenta que su contenido no es directamente aplicable a las UTPR y que por lo tanto es necesaria la adaptación de mismo. Por ello, se estima conveniente incluir en este documento un listado detallado de los requisitos para las actividades esenciales de la UTPR, en relación al control de fuentes huérfanas, y que deberán desarrollarse en los procedimientos.

Si algunas de estas acciones se desarrollan en detalle en procedimientos complementarios (por ejemplo: la UTPR puede seguir un procedimiento común para realizar medidas de TD), o en otros documentos (como el Manual de protección radiológica); esta información debería quedar referenciada en los procedimientos sobre actividades esenciales para el control de fuentes huérfanas, indicando el documento y apartado donde se completa la información necesaria.

5.1) Listado de requisitos para actuaciones ante detección de material radiactivo

En los procedimientos se incluirán acciones específicas, suficientemente detalladas, para el caso de detecciones de material radiactivo:

i. Segregación e identificación de material radiactivo:

- Métodos de segregación y tratamiento de materiales, incluyendo el tratamiento de materiales especiales y piezas de gran tamaño; aparte de material localizado en cargas (camiones, contenedores, etc.).

- Definición del criterio bajo el cual la segregación y caracterización debe ser efectuada exclusivamente por la UTPR (debido a la existencia de riesgo radiológico, por haber medido una TD en contacto $> 50 \mu\text{Sv/h}$); en caso contrario, podría también realizarse por personal cualificado de la instalación afectada.

ii. Mediciones:

- Metodología para utilización de instrumentación radiométrica (definida en la relación de medios técnicos); adaptada principalmente a medidas de materiales.

iii. Aislamiento y señalización de zonas afectadas:

- Establecimiento de criterios para la clasificación de zonas radiológicas (por ejemplo: zonas de segregación), su aislamiento y señalización, especialmente zonas de almacenamiento de material para su retirada.

iv. Cualificación y cuantificación de material radiactivo:

- Criterios para determinar el tipo de caracterización necesaria (simple o completa) (la caracterización completa implica determinaciones de actividad).
- Acciones y mediciones para realizar la caracterización.
- Métodos para el cálculo o estimación de actividad (datos, cálculos, resultados, etc.).
- Criterios para establecer si un material debe ser objeto de transferencia a Enresa. Los criterios estarán basados en los valores de exención aplicables (tablas A1 y A2 del anexo IV del RD 1217/2024).

v. Acondicionamiento y almacenamiento de material radiactivo para su retirada:

- Condiciones de almacenamiento y vigilancia de material (residuos radiactivos) almacenado para ser retirado por Enresa: identificación, señalización y registro.

vi. Medidas de protección radiológica (PR) fundamentales en todas las acciones en consecuencia de la detección de material radiactivo:

- Listado de vestuario de protección recomendado y condiciones de utilización.
- Pautas para efectuar una segregación adecuada evitando la dispersión de la contaminación y confinando el material separado (verificación de ausencia de contaminación en herramientas y materiales, acondicionamiento de zonas de segregación, etc.).
- Vigilancia radiológica durante el proceso.

Puede utilizarse como referencia: el apartado 7.1 de esta GS-10.12 y la *Guía técnica para la caracterización, acondicionamiento y almacenamiento de residuos radiactivos en espera de ser retirados, en el marco del Protocolo de vigilancia radiológica para los materiales metálicos* (Enresa, A10-IF-UT-0440).

5.2) Listado de requisitos para actuaciones ante procesamiento accidental de fuentes radiactivas

En los procedimientos se incluirán acciones específicas, suficientemente detalladas, para el caso de fusiones, fragmentaciones o cizallamiento de fuentes (que puede ser identificado por detecciones de radiactividad en los productos resultantes del procesado de materiales metálicos):

i. Plan de limpieza y descontaminación, en base al que se desarrollarán los trabajos de limpieza ante fusiones o roturas de fuentes:

- Definición de objetivos radiológicos (niveles de descontaminación a conseguir expresados en términos de varios tipos de medidas radiológicas), basados en reducción de las dosis tras la limpieza y recuperación.
- Medios para conseguir los objetivos radiológicos; mediante del desarrollo del contenido previsto para el Plan de limpieza y descontaminación (este contenido deberá ser genérico, puesto que deberá adaptarse a cada caso particular de incidente de fusión o fragmentación de fuente). Contenido y capacidades de la UTPR para realizar este tipo de trabajos (apartado 6.3 de esta GS-10.12 o alternativamente anexo 6 de la Guía del Foro):
 - Caracterización radiológica inicial de la línea de proceso y de los productos y subproductos afectados por el suceso.
 - Identificación de las zonas y equipos que requieren limpieza y descontaminación.
 - Medios humanos y materiales a utilizar en las labores de limpieza y descontaminación.
 - Medidas para prevenir la dispersión de la contaminación: delimitación y control de las áreas donde se realiza la limpieza y descontaminación, establecimiento de zonas de paso, determinación de zonas y materiales a plastificar, etc.
 - Medidas para la segregación, caracterización radiológica y almacenamiento de los desechos producidos en las acciones de limpieza y descontaminación.
 - Lugar previsto para el almacenamiento provisional de los desechos radiactivos producidos.

- Aplicación del principio ALARA en la planificación de las operaciones de descontaminación.

ii. Mediciones:

- Metodología para utilización de instrumentación radiométrica (definida en la relación de medios técnicos); adaptada principalmente a medidas de zonas, equipos de la instalación y materiales.

iii. Chequeo de personas y de materiales:

- Medidas de dosis a personas (incluyendo control dosimétrico externo e interno).
- Medidas para chequeo de contaminación a personas y materiales.

iv. Determinación isotópica, muestras para cuantificación de material radiactivo y medida:

- Metodología para muestreo de materiales para análisis espectrométrico.
- Metodología de análisis espectrométrico de muestras.
- Previsiones de colaboración con laboratorio de análisis (identificación del laboratorio, que debe estar certificado según un sistema de gestión de calidad reconocido).

v. Caracterización de material radiactivo (cualificación y cuantificación de material radiactivo, especialmente bultos para retirada como residuos radiactivos):

- Determinación de actividad superficial fija y desprendible (protocolo de medida y métodos de determinación).
- Determinación de concentración de actividad (protocolo de medida y métodos de cálculo o estimación de actividad: datos, cálculos, resultados, etc.).
- Metodología para toma de muestras para determinación de concentración de actividad.

vi. Acondicionamiento y almacenamiento de material radiactivo (bultos) para su retirada:

- Medidas de gestión de residuos radiactivos pendientes de retirada, procedentes de la limpieza de instalaciones afectadas por la fusión o fragmentación de fuentes (condiciones de segregación de residuos; recipientes de residuos: caracterización, clasificación, señalización y blindaje; zonas de almacenamiento: control de acceso, superficies impermeables, protección contra lluvia, etc.).

vii. Medidas de protección radiológica (PR) fundamentales en todas las acciones en consecuencia de fusiones o fragmentaciones de fuentes:

- Listado de vestuario de protección recomendado, (guantes, máscaras de filtro, cubrecalzado, *tyvek*, etc.; destacándose equipo contra contaminación) y condiciones de utilización.
- Medidas de prevención de dispersión de contaminación (delimitación y clasificación de zonas, establecimiento de las zonas de paso, determinación zonas para almacenamiento y acopio de residuos, entre otras).
- Supervisión de trabajos por la UTPR, previsión de monitores de PR.

Puede utilizarse como referencia: los apartados 7.2 y 7.3 de esta GS-10.12 y el anexo 6 del *Informe final de Estrategia para la prevención, detección y respuesta frente a la presencia inadvertida de material radiactivo en el reciclado de metales y otros procesos asociados (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2011) (referida también como Guía del Foro).*

6) Registros e informes

La actividad de la UTPR deberá estar adecuadamente documentada. Para ello, es preciso presentar formatos para los principales registros o informes de actuación de la UTPR. También pueden aportarse índices de contenidos, informes de ejemplo, etc.

1. Formatos de registro para datos de las detecciones. Puede tomarse como referencia el formato del anexo 2A del Anexo Técnico del Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos, con las adaptaciones que sean necesarias.
2. Informe de las actuaciones ante detecciones. Lo más adecuado es que siga el contenido propuesto en el apartado 9 de esta Guía GS-10.12 para esta clase de informe.
3. Formatos para registro de datos del proceso de descontaminación (que deberán ser incorporados a cada plan de limpieza y descontaminación). Pueden tomarse como referencia (aunque no de forma exclusiva) los registros propuestos a este respecto en el apartado 9 de esta Guía GS-10.12.
4. Informe de las actuaciones ante fusiones o fragmentaciones (este documento es distinto del Plan de limpieza y descontaminación descrito anteriormente). Lo más adecuado es que siga el contenido propuesto en el apartado 9 de esta Guía GS-10.12 para esta clase de informe.

Anexo IV

Cálculo de los parámetros para la verificación estática de los pórticos

Para realizar la verificación estática de un pórtico hay que medir los siguientes parámetros:

- Fondo del emplazamiento del pórtico medido en cuentas.
- Cuentas obtenidas al colocar una fuente radiactiva exenta en el centro de cada uno de los sensores de los que se compone el pórtico.

Con estos parámetros se calculan las siguientes expresiones:

1. Tasa neta de cuentas

$$R_m = \frac{N - F}{T}$$

Donde

R_m: Tasa neta de cuentas de la fuente radiactiva exenta (cps).

N: N° de cuentas medidas por el pórtico.

T: Período de tiempo de medida (generalmente 30 s).

F: N° de cuentas del fondo de radiación (cuentas).

En caso de que el pórtico proporcione el valor de la tasa de cuentas, entonces:

$$R_m = n - f$$

Donde n es la tasa de cuentas medida por el pórtico ante la presencia de una fuente radiactiva y f es la tasa de cuentas del fondo radiactivo.

2. Eficiencia del panel

$$E = \frac{R_m}{A} \cdot 100$$

Donde

E: Eficiencia del panel en tanto por ciento (cps Bq⁻¹).

A: Actividad real corregida por el decaimiento de la muestra radiactiva (Bq).

3. Actividad real corregida por el decaimiento radiactivo

$$A = A_0 e^{-\frac{0.69315 t}{T_{1/2}}}$$

Donde

A: Actividad real de la muestra (Bq).

A_0 : Actividad de la muestra medida inicialmente (Bq).

$T_{1/2}$: Periodo de semidesintegración del radionúclido colocado en el pórtico (días).

t: Tiempo transcurrido entre el día de la prueba y el día que se determinó A_0 (días).

4. Cálculo de la variación

$$Error = \frac{|E - E_0|}{E_0} 100$$

Donde

Error: Error relativo de la medida con respecto a una medida considerada como referencia (%).

E: Valor de un parámetro obtenido en una verificación.

E_0 : Valor de ese mismo parámetro considerado como valor de referencia.

Estas fórmulas pueden programarse en una hoja de cálculo para obtener el siguiente informe:

Proceso de Verificación									
Datos del		Marca :				Modelo :			
Pórtico		Situación:				Numero :			
Fechas del		F.de medida :		Desde Hora :		Hasta :			
Proceso		F. Ver Ini/Rep :		Fecha Posterior :					
Datos		Referencia :		Comentario :		Muestra certificada			
		Isótopo:		Vida media (años):					
de la		Activ. (kBq) :		Incert. (%) :		Fecha Calibr.:			
Muestra		Actividad hoy:		Incert. (kBq):		Dias :			
Verificaciones cualitativas del : Muestra : 0									
Imprimes los parámetros :				No se modifican desde :					
Tiempo de medida del fondo (s) :				Nº de SIGMAS de la alarma nivel 2:					
Nº de FONDOS de la alarma 3:				Nº de SIGMAS de la alarma nivel 1:					
Funcionan los Sensores :				OS 1		OS 2			
Se activa la alarma por alto fondo:				Se imprime el informe de alarma:					
Se activa la alarma con muestra :				Pa-D		Pa-C			
Se imprime el informe de alarma :				Pa-B		Pa-A			
Comentarios :									
Verificaciones cuantitativas del : Mue : kBq									
Ensayo de Verificación del pórtico :				0		T. Medida : seg.			
Medidas realizadas		Pa-A	Pa-B	Pa-C	Pa-D	MEDIA	Unidad		
Fondo Inicial :							cps		
Muestra Centro Panel :							cps		
Tasa Detecciones Netas :							cps		
Eficiencia del Panel en % :							%		
Datos Medidas Fecha Ver. Ini./ Inst./Repar.									
Tasa Detecciones Netas :							cps		
Eficiencia del Panel en % :							%		
Variación Inferior al 10 % :									
Fondo Fecha ultima verificación							cps		
Variación Inferior al 10% (fondo ult verifi)									
Comentarios :									
Realizado por:									

En el cual hay que rellenar solamente las casillas que están en gris claro, ya que las gris oscuro son valores que se obtienen a partir de fórmulas con los valores introducidos.

Colección Guías de Seguridad

1. Reactores de potencia y centrales nucleares

1.1 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación en centrales nucleares.

CSN, 1986 (16 págs.) Referencia: GSG-01.01.

1.2 Modelo dosimétrico en emergencia nuclear.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.02.

1.3 Planificación de la gestión de emergencias de instalaciones nucleares y su respuesta.

CSN, 1987 (Rev. 2, 2022), (64 págs.) Referencia: GSG-01.03.

1.4 Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos emitidos por centrales nucleares.

CSN, 1988 (16 págs.) Referencia: GSG-01.04.

1.5 Documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

CSN, 1990 (Rev. 1, 2004), (48 págs.) Referencia: GSG-01.05.

1.6 Sucesos notificables en centrales nucleares en explotación.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.06.

1.7 Información a remitir al CSN por los titulares sobre la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1997 (Rev. 3, 2025), (76 págs.) Referencia: GSG-01.07.

1.9 Preparación ante emergencias en las instalaciones nucleares y documentación de su sistema de gestión.

CSN, 1996 (Rev. 2, 2022), (56 págs.) Referencia: GSG-01.09.

1.10 Revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2008), (24 págs.) Referencia: GSG-01.10.

1.11 Modificaciones de diseño en centrales nucleares.

CSN, 2002 (48 págs.) Referencia: GSG-01.11.

1.12 Aplicación práctica de la optimización de la protección radiológica en la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1999 (32 págs.) Referencia: GSG-01.12.

1.13 Contenido de los reglamentos de funcionamiento de las centrales nucleares.

CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG-01.13.

1.14 Criterios para la realización de aplicaciones de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2001 (Rev. 1, 2007), (32 págs.) Referencia: GSG-01.14.

1.15 Actualización y mantenimiento de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2004 (38 págs.) Referencia: GSG-01.15.

1.16 Pruebas periódicas de los sistemas de ventilación y aire acondicionado en centrales nucleares.

CSN, 2007 (24 págs.) Referencia: GSG-01.16.

1.17 Aplicación de técnicas informadas por el riesgo a la inspección en servicio (ISI) de tuberías.
CSN, 2007 (36 págs.) Referencia: GSG-01.17.

1.18 Medida de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares.
CSN, 2008 (76 págs.) Referencia: GSG-01.18.

1.19 Requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares.
CSN, 2011 (96 págs.) Referencia: GSG-01.19.

2. Reactores de investigación y conjuntos subcríticos

3. Instalaciones del ciclo del combustible

3.1 Modificaciones en instalaciones de fabricación de combustible nuclear.
CSN, 2012 (32 págs.) Referencia: GSG-03-01.

4. Vigilancia radiológica ambiental

4.1 Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares.
CSN, 1993 (24 págs.) Referencia: GSG-04.01.

4.2 Plan de Restauración del Emplazamiento.
CSN, 2007 (30 págs.) Referencia: GSG-04.02.

4.3 Metodología de comprobación del estado radiológico de un emplazamiento previa a su liberación. Niveles genéricos de liberación.
CSN, 2013 (30 págs.) Referencia: GSG-04.03.

5. Instalaciones y aparatos radiactivos

5.1 Documentación técnica para solicitar la autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas de manipulación y almacenamiento de radionucleidos no encapsulados (2ª y 3ª categoría).
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (32 págs.) Referencia: GSG-05.01.

5.2 Documentación técnica para solicitar autorización de las instalaciones de manipulación y almacenamiento de fuentes encapsuladas (2ª y 3ª categoría).
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (28 págs.) Referencia: GSG-05.02.

5.3 Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas.
CSN, 1987 (Rev. 1, 2013), (40 págs.) Referencia: GSG-05.03.

5.5 Documentación técnica para solicitar autorización de construcción y puesta en marcha de las instalaciones de radioterapia.
CSN, 1988 (28 págs.) Referencia: GSG-05.05.

5.6 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas.
CSN, 1988 (20 págs.) Referencia: GSG-05.06.

5.7 Documentación técnica necesaria para solicitar autorización de puesta en marcha de las instalaciones de rayos X para radiodiagnóstico.

Anulada⁽¹⁾.

5.8 Bases para elaborar la información relativa a la explotación de instalaciones radiactivas.

CSN, 1988 (12 págs.) Referencia: GSG-05.08.

5.9 Documentación para solicitar la autorización e inscripción de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X.

CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-05.09.

5.10 Documentación técnica para solicitar autorización de instalaciones de rayos X con fines industriales.

CSN, 1988 (Rev. 1, 2005), (24 págs.) Referencia: GSG-05.10.

5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico.

CSN, 1990 (28 págs.) Referencia: GSG-05.11.

5.12 Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas.

CSN, 1998 (60 págs.) Referencia: GSG-05.12.

5.14 Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial.

CSN, 1998 (60 págs.) Referencia: GSG-05.14.

5.15 Documentación técnica para solicitar aprobación de tipo de aparato radiactivo.

CSN, 2001 (28 págs.) Referencia: GSG-05.15.

5.16 Documentación técnica para solicitar autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas constituidas por equipos para el control de procesos industriales.

CSN, 2001 (32 págs.) Referencia: GSG-05.16.

5.17 Calibración y verificación de la instrumentación de radioprotección para la medida de la radiación y contaminación en instalaciones radiactivas.

CSN, 2023 (54 págs.) Referencia: GSG-05.17

6. Transporte de materiales radiactivos

6.1 Garantía de calidad en el transporte de sustancias radiactivas.

CSN, 2002 (32 págs.) Referencia: GSG-06.01.

6.2 Programa de protección radiológica aplicable al transporte de materiales radiactivos.

CSN, 2002 (54 págs.) Referencia: GSG-06.02.

6.3 Instrucciones escritas de emergencia aplicables al transporte de materiales radiactivos por carretera. CSN, 2004 (Rev.1, 2012), (32 págs.) Referencia: GSG-06.03.

¹ Esta guía ha quedado sin validez al entrar en vigor el Real Decreto 1891/1991.

6.4 Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte.

CSN, 2006 (Rev. 1, 2025) (68 págs.) Referencia: GSG-06.04.

6.5 Guía de ayuda para la aplicación de los requisitos reglamentarios sobre transporte de material radiactivo.

CSN, 2013 (220 págs.) Referencia: GSG-06.05.

6.6 Guía para la elaboración de la documentación de cumplimiento de los requisitos reglamentarios de los bultos de transporte de material radiactivo no sujetos a aprobación.

CSN, 2017 (28 págs.) Referencia: GSG-06.06.

7. Protección radiológica

7.1 Requisitos técnico-administrativos para los servicios de dosimetría personal.

CSN, 1985 (Rev.1, 2006), (54 págs.) Referencia: GSG-07.01.

7.2 Cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes para responsabilizarse del correspondiente servicio o unidad técnica.

Anulada⁽²⁾.

7.3 Bases para el establecimiento de los servicios o unidades técnicas de protección radiológica.

CSN, 1987 (Rev. 1, 1998), (36 págs.) Referencia: GSG-07.03.

7.4 Bases para la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes.

Anulada⁽³⁾.

7.5 Actuaciones a seguir en caso de personas que hayan sufrido un accidente radiológico.

CSN, 1989 (Rev. 1, 2005), (50 págs.) Referencia: GSG-07.05.

7.6 Contenido de los manuales de protección radiológica de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear.

CSN, 1992 (16 págs.) Referencia: GSG-07.06.

7.7 Control radiológico del agua de bebida.

Anulada⁽⁴⁾.

7.9 Manual de cálculo de dosis en el exterior de las instalaciones nucleares.

CSN, 2006 (36 págs.) Referencia: GSG-07.09.

7.10 Plan de Emergencia Interior en instalaciones radiactivas.

CSN, 2009 (24 págs.) Referencia: GSG-07.10.

² Esta guía ha sido anulada, sustituyéndose por la Instrucción del CSN IS-03 (BOE 12-12-2002).

³ Esta guía ha quedado anulada tras la aprobación, por el Ministerio de Sanidad y Consumo, de un protocolo para la vigilancia médica de los trabajadores profesionalmente expuestos.

⁴ Anulada por decisión del pleno del CSN.

8. Protección física

8.1 Protección física de los materiales nucleares en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas. CSN, 2000 (32 págs.). Referencia GSG-08.01.

8.2 Elaboración, contenido y formato de los planes de protección física de las instalaciones y los materiales nucleares.
CSN, 2012 (40 págs.). Referencia GSG-08.02.

9. Gestión de residuos

9.1 Control del proceso de solidificación de residuos radiactivos de media y baja actividad.
CSN, 1991 (16 págs.) Referencia: GSG-09.01.

9.2 Gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en instalaciones radiactivas.
CSN, 2001 (28 págs.) Referencia GSG-09.02.

9.3 Contenido y criterios para la elaboración de los planes de gestión de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares.
CSN, 2008 (44 págs.) Referencia GSG-09.03.

9.4 Evaluación de seguridad a largo plazo de los almacenamientos superficiales definitivos de residuos radiactivos de media y baja actividad.
CSN, 2013 (32 págs.) Referencia GSG-09.04.

10. Varios

10.1 Guía básica de garantía de calidad para instalaciones nucleares.
CSN, 1985 (Rev. 2, 1999), (16 págs.) Referencia: GSG-10.01.

10.2 Sistema de documentación sometida a programas de garantía de calidad en instalaciones nucleares.
CSN, 1986 (Rev. 1, 2002), (20 págs.) Referencia: GSG-10.02.

10.3 Auditorías de garantía de calidad.
CSN, 1986 (Rev. 1, 2001), (24 págs.) Referencia: GSG-10.03.

10.4 Garantía de calidad para la puesta en servicio de instalaciones nucleares.
CSN, 1987 (8 págs.) Referencia: GSG-10.04.

10.5 Garantía de calidad de procesos, pruebas e inspecciones de instalaciones nucleares.
CSN, 1987 (Rev. 1, 1999), (24 págs.) Referencia: GSG-10.05.

10.6 Garantía de calidad en el diseño de instalaciones nucleares.
CSN, 1987 (Rev. 1, 2002), (16 págs.) Referencia: GSG-10.06.

10.7 Garantía de calidad en instalaciones nucleares en explotación.
CSN, 1988 (Rev. 1, 2000), (20 págs.) Referencia: GSG-10.07.

10.8 Garantía de calidad para la gestión de elementos y servicios para instalaciones nucleares.
CSN, 1988 (Rev. 1, 2001), (24 págs.) Referencia: GSG-10.08.

10.9 Garantía de calidad de las aplicaciones informáticas relacionadas con la seguridad de las instalaciones nucleares.

CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-10.09.

10.10 Cualificación y certificación de personal que realiza ensayos no destructivos.

CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG: 10.10.

10.11 Garantía de calidad en instalaciones radiactivas de primera categoría.

CSN, 2000 (16 págs.) Referencia: GSG-10.11.

10.12 Control radiológico de actividades de recuperación y reciclado de chatarras.

CSN, 2003 (Rev.1, 2025) (76 págs.) Referencia: GSG-10.12.

10.13 Garantía de calidad para el desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares.

CSN, 2003 (28 págs.) Referencia: GSG-10.13.

11. Radiación Natural

11.1 Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire.

CSN, 2010 (32 págs.) Referencia: GSG-11.01.

11.2 Control de la exposición a fuentes naturales de radiación.

CSN, 2012 (24 págs.) Referencia: GSG-11.02.

11.3 Metodología para la evaluación del impacto radiológico de las industrias NORM.

CSN, 2012 (44 págs.) Referencia: GSG-11.03.

11.4 Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo.

CSN, 2012 (32 págs.) Referencia: GSG-11.04.

Las guías de seguridad contienen los métodos recomendados por el CSN, desde el punto de vista de la seguridad nuclear y protección radiológica, y su finalidad es orientar y facilitar a los usuarios la aplicación de la reglamentación nuclear española. Estas guías no son de obligado cumplimiento, pudiendo el usuario seguir métodos y soluciones diferentes a los contenidos en las mismas, siempre que estén debidamente justificados.

Los comentarios y sugerencias que puedan mejorar el contenido de estas guías se considerarán en las revisiones sucesivas.

La correspondencia debe dirigirse a la Subdirección de Asesoría Jurídica y los pedidos al Servicio de Publicaciones. Consejo de Seguridad Nuclear, C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11, 28040-Madrid.

Guía de Seguridad 10.12 (Rev. 1)

**Control radiológico de actividades de
recuperación y reciclado de chatarras,
y de otras actividades relacionadas con
la gestión de las fuentes huérfanas**

Colección Guías de
Seguridad del CSN

GS-10.12 (Rev. 1)