

Guía de Seguridad 5.14 (Rev. 1)

Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial

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 5.14 (Rev. 1)

Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial

Madrid, 8 de enero de 2015

Colección: Guías de Seguridad
Referencia: GSG-05.14 Rev-1

© Copyright Consejo de Seguridad Nuclear, 2015

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

Imprime: Gráficas Arania, S. L.
C/ Eduardo Torroja, 26, nave 11 (Pol. Ind. Prado de Regordóño)
28936 Móstoles (Madrid)

Depósito legal: M-12.021-2015



Impreso en papel reciclado

Índice

Preámbulo	5
1. Objeto y ámbito de aplicación	7
1.1. Objeto	7
1.2. Ámbito de aplicación	7
2. Requisitos generales	7
3. Requisitos de equipos y fuentes	8
3.1. Requisitos del equipo	8
3.2. Requisitos de la fuente radiactiva	9
4. Requisitos de las instalaciones fijas para gammagrafía	10
5. Requisitos para los recintos de almacenamiento de gammágrafos	12
6. Verificaciones y mantenimiento de gammágrafos	14
7. Medios de vigilancia y protección radiológica	15
7.1. Sistemas de vigilancia personal	15
7.2. Monitores de radiación	17
7.3. Otros medios de protección radiológica	18
8. Optimización de la protección radiológica	19
9. Relación con los clientes	20
10. Vigilancia sanitaria	21
11. Formación y entrenamiento del personal	22
12. Diarios de operación, registros e informes periódicos	23
13. Plan de protección física	23
14. Previsiones para la clausura	23
15. Reglamento de Funcionamiento y Plan de Emergencia interior	24
Definiciones	25
Referencias bibliográficas	26

Anexos

Anexo A. Certificados de verificación del gammógrafo (contenedor) y telemando	28
Anexo B. Reglamento de Funcionamiento	30
Anexo C. Plan de Emergencia	54

Preámbulo

Las instalaciones radiactivas donde se utilizan equipos de gammagrafía industrial requieren una autorización en base a lo establecido en el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Para obtener esta autorización se deben presentar una serie de documentos, que se podrán elaborar siguiendo lo recogido en la Guía de Seguridad GS-05.02. Entre los citados documentos cabe destacar, por su relevancia en la operación de la instalación radiactiva, el Reglamento de Funcionamiento y el Plan de Emergencia; estos documentos son fundamentales para que con su cumplimiento se logren unas condiciones óptimas de seguridad desde el punto de vista radiológico, en el funcionamiento de la instalación.

El Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, establece unos objetivos a alcanzar y unas medidas de protección radiológica, con carácter general, que deben ser aplicadas a estas instalaciones radiactivas. La experiencia adquirida sobre el funcionamiento de estas instalaciones, que por su particularidad suponen unos riesgos radiológicos, demanda una especial atención en cuanto a los requisitos a cumplir en materia de seguridad y protección radiológica.

Por parte de este Consejo de Seguridad Nuclear se ha elaborado la presente Guía, con objeto de facilitar a los titulares de este tipo de instalaciones radiactivas el cumplimiento de los requisitos a aplicar desde el punto de vista de la seguridad y la protección radiológica, así como para servir de ayuda en la elaboración de la documentación preceptiva y en particular en lo referente a los documentos Reglamento de Funcionamiento y Plan de Emergencia, donde se desarrollan los procedimientos para operar con estos equipos de forma segura.

1. Objeto y ámbito de aplicación

1.1. Objeto

La presente Guía tiene como objeto establecer recomendaciones en materia de seguridad y protección radiológica relativas a instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial.

1.2. Ámbito de aplicación

Esta Guía es aplicable a las instalaciones radiactivas que almacenen o utilicen equipos de gammagrafía industrial.

2. Requisitos generales

El funcionamiento de las instalaciones de gammagrafía industrial se debe ajustar a lo establecido en la legislación vigente en materia de seguridad y protección radiológica así como en los condicionados impuestos en las autorizaciones preceptivas. Asimismo deberá atenderse al contenido de la documentación presentada para obtener las citadas autorizaciones.

Las recomendaciones establecidas en la presente Guía tienen como finalidad primordial, servir de ayuda a los titulares de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial para dar correcto cumplimiento de los citados requisitos generales, que son de carácter obligatorio.

Los equipos de gammagrafía se pueden utilizar de dos formas:

- Uso fijo, en el interior de un recinto blindado diseñado al efecto de acuerdo a lo que se especifica en el apartado 4 de esta Guía (búnker).
- Uso móvil, todas aquellas operaciones que se efectúan fuera de dicho recinto, donde la principal herramienta de protección radiológica será la correcta aplicación de los procedimientos incluidos en el reglamento de funcionamiento, que se elaborarán de acuerdo a los criterios establecidos en el anexo B de esta Guía.

Desde el punto de vista de la seguridad y la protección radiológica, siempre que sea posible, se deberá efectuar radiografía fija, donde el búnker aporta una seguridad adicional a la operación de tipo móvil.

3. Requisitos de equipos y fuentes

A los efectos de esta Guía, un equipo para realizar gammagrafía industrial se compone básicamente de las siguientes unidades:

- Fuente radiactiva encapsulada acoplada en un cable flexible o en un sistema articulado, denominado portafuentes.
- Contenedor blindado para almacenamiento de la fuente.
- Elementos auxiliares como son: telemando (de accionamiento manual o automático) y tubo guía o manguera.
- Colimador que se coloca en la zona puntal de la manguera.

Un caso particular lo constituyen los equipos de gammagrafía denominados “Crawler”, que se utilizan para radiografiar soldaduras en tuberías. Estos equipos disponen de un vehículo autopropulsado donde va acoplado un contenedor que alberga una fuente radiactiva encapsulada (generalmente Ir-192), de un sistema que permite el desplazamiento del portafuentes (si es el caso) tanto a la posición de operación como a la de almacenamiento, y de un sistema de control.

El “Crawler” es activado y controlado por el operador de radiografía a través de una fuente radiactiva encapsulada de baja actividad, normalmente Cs-137, que se encuentra alojada en el interior de un contenedor blindado y colimado (testigo).

3.1. Requisitos del equipo

Los equipos de gammagrafía industrial deberán estar diseñados de acuerdo a lo recogido en la norma internacional ISO 3999 (1), o equivalente. A continuación se especifican los requisitos particulares en función del tipo de uso:

- Se podrán utilizar de forma móvil aquellos gammágrafos que cumplan los requisitos de diseño previstos en la norma ISO 3999, edición de 1977 o posterior. En el caso de no cumplir esa norma, se podrán utilizar en el interior de instalaciones fijas para gammagrafía que cumplan los criterios que se establecen en el apartado 4 de esta Guía.

- A los equipos tipo “Crawler”, les aplicará la norma ISO 3999, exceptuando aquellos aspectos relativos a los dispositivos de seguridad, que no le resulten de aplicación debido a la forma con la que se opera con estos equipos.
- Se podrán importar equipos cuando cumplan la norma ISO 3999, edición de 2004 o equivalente, en el caso que incorporen fuentes de Ir-192 o Se-75, y la norma ISO 3999, versión de 1977, en el caso que incorporen fuentes de Co-60.

Se deberá disponer del certificado de aprobación del prototipo del equipo, emitido por la autoridad competente en el país de origen del mismo, así como de un certificado de control de calidad en correspondencia con el equipo, emitido por el fabricante.

El contenedor nunca albergará fuentes radiactivas de distinta naturaleza, ni actividad superior, para la que ha sido diseñado.

En el exterior de los equipos figurará información suficiente que permita conocer en todo momento sus características fundamentales en lo relativo al diseño, fabricante y contenido radiactivo, y se señalará de conformidad al distintivo básico recogido en la correspondiente norma UNE 73-302 (2).

Los contenedores de estos equipos portátiles, considerando las fuentes radiactivas y la actividad que incorporan, generalmente deben cumplir los requisitos para el transporte de un bulto tipo B(U) especificados en la reglamentación vigente para el transporte de mercancías peligrosas (3), así como disponer del correspondiente certificado y, si procede, de la convalidación del mismo en España.

3.2. Requisitos de la fuente radiactiva

La fuente radiactiva deberá estar encapsulada y diseñada de acuerdo con la norma ISO 2919 (4) y su clasificación debe ser, al menos, la que figura en la citada norma para esta actividad.

Se deberá disponer de un certificado de actividad y hermeticidad de la fuente radiactiva, emitido por el fabricante.

Se considera conveniente que las fuentes estén encapsuladas como “material radiactivo en forma especial”, de acuerdo a la reglamentación vigente para el transporte de mercancías peligrosas. En tal caso se dispondrá del correspondiente certificado de aprobación.

Se dispondrá de un acuerdo con el proveedor para la devolución de las fuentes radiactivas en desuso.

4. Requisitos de las instalaciones fijas para gammagrafía

Se consideran instalaciones fijas aquellos recintos blindados donde se efectúan actividades de radiografía industrial, ya sean propiedad de la instalación radiactiva o de clientes para los que esta realiza trabajos de radiografía de forma esporádica o continuada.

Recinto blindado (búnker) es todo espacio cerrado y construido para contener la radiación ionizante y proporcionar suficiente protección a las personas en las zonas contiguas (5). A efectos de esta Guía todos los recintos blindados deben estar provistos de dispositivos de señalización y enclavamientos de seguridad para el control de acceso a la zona de radiografiado.

En estas instalaciones el puesto de control estará situado en el exterior del recinto blindado.

El diseño de estas instalaciones incluye consideraciones sobre blindajes, accesos, enclavamientos de seguridad, monitor de radiación, señalizaciones y alarmas, con objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6) en particular, en lo referente a los límites de dosis y a la optimización de las mismas.

Para el diseño del blindaje se deberá considerar lo siguiente:

- Condiciones máximas de funcionamiento (actividad máxima de la fuente radiactiva, tiempo máximo de utilización).
- Dirección del haz directo para el cálculo de la barrera primaria.
- Radiación dispersa y de fuga para el cálculo de la barrera secundaria (con especial atención en este punto a las instalaciones sin techo).
- Penetraciones, puertas o accesos, disposición del blindaje y otras características de diseño, que puedan suponer fugas de radiación.

En el diseño de estos recintos se deberá asegurar que:

- La zona exterior al recinto blindado sea clasificada como zona vigilada o de libre acceso.

- En el caso de que la zona exterior al recinto blindado esté fuera de la propiedad del titular de la instalación, la tasa de dosis en la superficie exterior al recinto no superará 0,5 $\mu\text{Sv/h}$. Si la zona circundante al recinto blindado está dentro de la propiedad del titular, éste podrá clasificar la zona como vigilada o de libre acceso dependiendo de los factores de ocupación y uso, de manera que no se superen los límites de dosis fijados en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6). Los factores de ocupación a considerar serán los recogidos en el Anexo de la Guía GS-05.11 del CSN (14).

Como orientación, el cálculo de estos blindajes se podrá realizar de acuerdo al procedimiento recogido en la norma BS 4094 parte 1 (7).

El diseño de los sistemas de seguridad de la instalación radiactiva, contemplará los siguientes criterios:

- Se dispondrá de enclavamientos que impidan la apertura de puertas o accesos durante la exposición o que garanticen que, al ser abiertos, la fuente retorna a la posición de seguridad, en el caso de utilizar un telemando automático. En ese caso, la exposición no podrá ser reiniciada simplemente por el cierre de la puerta, sino que deberá efectuarse desde la unidad de control.
- Al menos una puerta podrá ser abierta desde el interior. Además, en el caso de utilizar un telemando automático, existirá en el interior un interruptor de emergencia, que haga retornar a la fuente a su posición de seguridad. Este interruptor estará colocado fuera del haz directo.
- La unidad de control deberá estar colocada en una posición desde la que se vea fácilmente la puerta de acceso.
- Existirá una señal luminosa roja de advertencia, en el exterior de la puerta de acceso, que se mantendrá encendida desde el comienzo de la irradiación con la fuente, hasta su recogida. Junto a la señal deberá existir un cartel que explique su significado.
- El sistema de enclavamiento y la luz de advertencia deberán ser independientes, de manera que el fallo de uno no implique el del otro.
- En el caso de recintos blindados de gran tamaño será conveniente disponer de una señal sonora que avise que va a comenzar la exposición, así como la instalación de pulsadores para efectuar una ronda de seguridad o incluso la instalación de cámaras de TV.

- Deberá existir un detector de radiación fijo en el interior del recinto blindado. Los enclavamientos y señalizaciones luminosas de emergencia estarán conectados a este detector.

Los sistemas de seguridad anteriormente mencionados podrán ser sustituidos por otros distintos siempre y cuando éstos proporcionen una seguridad equivalente.

5. Requisitos para los recintos de almacenamiento de gammágrafos

Los recintos de almacenamiento para los gammágrafos podrán estar ubicados en la sede central de la instalación radiactiva o en las distintas delegaciones autorizadas y deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Se ubicarán en zona industrial.
- Dispondrán de acceso controlado (por ejemplo con cerradura).
- La puerta de acceso se señalará de acuerdo con el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6) y con la correspondiente norma UNE 73-302 (2).
- No deberán estar ocupados habitualmente por personas, es decir no deberán existir en ellos puestos de trabajo fijos.
- En el recinto de almacenamiento no se realizarán, ni tan siquiera ocasionalmente, operaciones que puedan conllevar riesgo de explosión o incendio. En él no se almacenará material inflamable o explosivo.
- No colindarán con otras entidades que desarrollen actividades con riesgo de incendio o explosión.
- El acceso de los equipos a la instalación deberá ser independiente a fin de evitar su interferencia con personal ajeno a la instalación.
- En la construcción de estos recintos se emplearán materiales resistentes al fuego. Asimismo, existirán medios de extinción de incendios.
- En el caso de que la zona exterior al recinto esté fuera de la propiedad del titular de la instalación, la tasa de dosis en la superficie exterior no superará 0,5 $\mu\text{Sv/h}$. Si la zona

circundante al recinto está dentro de la propiedad del titular, éste podrá definir la zona vigilada o de libre acceso dependiendo de los factores de ocupación y uso, de manera que no se superen los límites de dosis fijados en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6).

Para calcular el espesor del blindaje necesario en estos recintos, se tendrá en cuenta la radiación de fuga de los gammágrafos, considerando la carga máxima que se tenga prevista albergar en el almacén. Este blindaje asegurará que la tasa de dosis en las dependencias de la instalación que colinden con el recinto de almacenamiento son las especificadas en el párrafo anterior.

Como orientación, el cálculo de estos blindajes se podrá realizar de acuerdo al procedimiento recogido en la norma BS 4094 parte 1 (7).

Además de estos recintos de almacenamiento, se contemplará la posibilidad de *almacenamientos temporales a pie de obra*. Previamente al desplazamiento de equipos a obra es recomendable que se concierte con el cliente la preparación de un recinto con las características adecuadas. Estos almacenamientos a pie de obra, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Deberán estar ubicados siempre dentro de recintos con acceso controlado.
- Deberán disponer de acceso controlado (por ejemplo con cerradura) y debidamente señalizados de acuerdo con el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6) y la correspondiente norma UNE 73-302 (2).
- La tasa de dosis en el exterior del recinto no superará los 0,5 $\mu\text{Sv/h}$
- Los materiales de construcción de estos recintos deberán ser resistentes al fuego. En estos recintos no se almacenará material inflamable o explosivo.
- Se situarán alejados de puntos peligrosos (sala de calderas, hornos, depósitos de gases o líquidos combustibles, transformadores eléctricos...).

Los vehículos de transporte no se utilizarán como recintos de almacenamiento de gammágrafos, pudiendo permanecer en el interior de los vehículos únicamente durante cortos intervalos de tiempo y siempre en tránsito.

6. Verificaciones y mantenimiento de gammágrafos

Las verificaciones periódicas que desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica se deberán llevar a cabo en los diferentes componentes de un equipo de gammagrafía, tendrán al menos el siguiente alcance:

- Sobre la fuente radiactiva. Se realizarán pruebas de hermeticidad a las fuentes radiactivas de los equipos en uso, con la periodicidad establecida en la especificación II.B.2. de la Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear, IS-28 (16) y siempre tras cualquier incidente que hubiera podido afectar a su integridad. Estas pruebas serán realizadas por entidades autorizadas y siguiendo las recomendaciones establecidas en la Guía de Seguridad GS-05.03 (8). Como resultado de estas pruebas se emitirá el correspondiente certificado de hermeticidad.
- Sobre el portafuentes. Se realizarán por un servicio de asistencia técnica autorizado aquellas verificaciones recomendadas por cada fabricante.
- Sobre el contenedor y telemando. Las revisiones a realizar sobre estos componentes por el servicio de asistencia técnica autorizado, son las recogidas en el certificado de asistencia técnica del anexo A de la presente Guía.
- Verificación del estado de las mangueras con objeto de comprobar si presentan abolladuras o cortes que puedan afectar a la seguridad. La revisión de estas mangueras (tubo-guía) puede ser realizada por los propios usuarios previamente a la realización de una operación gammagráfica.

El servicio de asistencia técnica autorizado emitirá un certificado sobre las comprobaciones y verificaciones realizadas al equipo de gammagrafía (contenedor) y otro certificado sobre las realizadas al telemando.

Estos certificados deben contener al menos los datos que figuran en el citado anexo A.

Además de las revisiones que deben ser efectuadas por el servicio de asistencia técnica, el usuario debe efectuar, en períodos más cortos, verificaciones sobre los distintos componentes del gammágrafo. Este programa de verificaciones deberá formar parte del Reglamento de Funcionamiento de la instalación, desarrollando los procedimientos correspondientes.

En el caso de los equipos de gammagrafía tipo "Crawler" se realizarán, por un servicio de asistencia técnica, las verificaciones y comprobaciones que sean aplicables de las anteriormente expuestas, así como las establecidas por el fabricante de dichos equipos.

7. Medios de vigilancia y protección radiológica

7.1. Sistemas de vigilancia personal

7.1.1. Dosimetría individual (dosimetría oficial)

Aquellos trabajadores que sean clasificados como expuestos estarán provistos de un sistema dosimétrico personal para la determinación de dosis individuales. Estos dosímetros individuales (o dosimetría oficial) medirán dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral.

Este tipo de dosimetría individual será efectuada por los Servicios de Dosimetría Personal expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear (art. 27.2 del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes) (6).

Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deberán determinarse, cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes para la dosimetría externa.

Se dispondrá de un historial dosimétrico para cada trabajador expuesto donde se registrarán las dosis recibidas durante toda su vida laboral. Dicho historial estará en todo momento a disposición del trabajador y en el caso de que éste cese en su empleo, el titular de la empresa deberá proporcionarle una copia certificada del mismo.

El historial dosimétrico de los trabajadores expuestos y documentos asociados se archivarán de acuerdo al artículo 38 del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

Cualquier trabajador clasificado como expuesto, empleado de forma permanente o temporal por una empresa de gammagrafía que efectúe una intervención de cualquier carácter en zona controlada de una instalación radiactiva o nuclear con distinta titularidad de la empresa de gammagrafía, deberá tener asignado un documento individual de seguimiento radiológico (Carné Radiológico).

Dicho Carné Radiológico deberá estar cumplimentado y debidamente actualizado por la empresa de gammagrafía a la que pertenezca el trabajador.

Este documento individual para seguimiento radiológico de los trabajadores deberá comprender los aspectos que se definen en el artículo 7 del Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, *Sobre protección operacional de trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada* (9).

7.1.2. Dosímetros de lectura directa

Adicionalmente a los dispositivos de dosimetría oficial, los trabajadores expuestos pertenecientes a instalaciones de gammagrafía industrial, cuando efectúen trabajos de tipo móvil, deben utilizar dosímetros de lectura directa que proporcionen una indicación inmediata de las dosis de radiación recibidas por el usuario, para mejorar el control de las exposiciones a radiaciones ionizantes y conseguir una reducción en las dosis individuales.

El número de estos dosímetros disponibles en la instalación radiactiva, será acorde con el número de gammágrafos y el de trabajadores expuestos.

Se utilizarán dosímetros de lectura directa con las siguientes características:

- Detección y medida de la radiación de tipo gamma.
- Respuesta adecuada para el tipo de radiación que se pretende medir.
- Medida de dosis acumulada al menos en el intervalo comprendido entre 0,01 mSv a 100 mSv para el caso de fotones.
- Provistos de alarma acústica, siendo aconsejable valorar, en ambientes de trabajo donde el nivel de ruido pudiera interferir, que también estén provistos de alarmas luminosas. El establecimiento de los niveles de alarma estará restringido a personal autorizado por la empresa. Este nivel de alarma no debería fijarse por encima de 5 mSv/h.

Periódicamente se debe efectuar una verificación y calibración de los dosímetros de lectura directa con objeto de asegurar la fiabilidad y precisión del sistema utilizado para medida de dosis.

La periodicidad de las verificaciones y calibraciones de los dosímetros de lectura directa se deben detallar en el programa de verificación y calibración de los sistemas de medida y detección de la radiación de la instalación radiactiva.

Este programa se establecerá teniendo en cuenta aspectos como recomendaciones del fabricante, recomendaciones del laboratorio de calibración que efectúe las mismas, resultados de las verificaciones periódicas, amplitud y severidad de uso, condiciones ambientales, exactitud buscada en la medida, etc.

Para el establecimiento de este programa se podrá tomar como base las recomendaciones contenidas en la norma UNE EN ISO 10012 (18).

La calibración se efectuará por un laboratorio legalmente acreditado, que podrá ser el Laboratorio Metrológico de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT, en calidad de laboratorio asociado legalmente reconocido por el Centro Español de Metrología como depositario de los patrones primarios de referencia del Estado Español (según lo establecido en el Real Decreto 533/1996) (10), u otro laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) española o equivalente extranjero.

7.2 Monitores de radiación

En la instalación se dispondrá de monitores de radiación, en número suficiente, considerando que:

Las instalaciones de gammagrafía fijas tienen que disponer, al menos, de un monitor de radiación fijo dentro del búnker de operación, según lo indicado en el apartado 4 de esta Guía. Además, siempre que se acceda al búnker de operación, se deberá ir provisto de un monitor de radiación portátil, para asegurarse que la fuente está en posición blindada.

En las instalaciones con recintos de almacenamiento de gammágrafos, siempre que se encuentre algún equipo almacenado, deberá existir, al menos, un monitor de radiación.

En gammagrafía móvil el equipo debe ir acompañado de un monitor de radiación portátil.

Se utilizarán monitores de radiación con las siguientes características:

- Respuesta adecuada para el tipo de radiación que se pretende medir.
- Medida de tasas de dosis al menos en un rango comprendido entre 0-10 mSv/h.
- Indicación de fuera de escala para rangos de tasa de dosis entre 10 mSv/h y 1.000 mSv/h.

En la gammagrafía móvil, este sistema de detección y medida de las radiaciones ionizantes se elegirá teniendo en cuenta la durabilidad y resistencia del equipo en condiciones atmosféricas adversas, así como la manejabilidad del mismo, y la posibilidad de uso en ambientes con condiciones pobres de luz o en oscuridad.

Estos instrumentos deben someterse periódicamente a procesos de calibración y verificación, efectuados según lo establecido en el apartado 7.1.2, dosímetros de lectura directa.

7.3. Otros medios de protección radiológica

Además de los sistemas de vigilancia personal y los monitores de radiación antes referidos, los elementos de que deberá disponer el personal que realice una operación de gammagrafía, al menos son:

- Elementos para la acotación y señalización de zonas (cintas, cuerdas, carteles...).
- Colimadores, que deberán utilizarse siempre que el tipo de operación lo permita.
- Documento de autocontrol dosimétrico, tanto de operadores como de ayudantes, en el que se anotarán diariamente las lecturas de las dosis recibidas según el dosímetro de lectura directa. Es recomendable que este documento contenga unas instrucciones de actuación en caso de superación de los niveles de dosis preestablecidos.
- Orden de trabajo que incluirá datos relativos a la planificación de tareas, de acuerdo a lo establecido en su correspondiente reglamento de funcionamiento.

En caso de emergencia, al menos deberán disponer de:

- Telepinzas o pinzas de mango largo.
- Tenazas o sierra.
- Tejas de plomo u otro material de blindaje.
- Contenedor apropiado para la fuente radiactiva.
- Teléfonos de contacto del personal de la instalación involucrado en el plan de emergencia.

8. Optimización de la protección radiológica

Uno de los objetivos en lo relativo a la exposición externa es la optimización de la protección radiológica de los trabajadores, mediante la implementación del concepto Alara dentro de los programas operacionales de protección radiológica, cuya finalidad es la reducción de las dosis individuales de los trabajadores a niveles tan bajos como sea razonablemente posible (teniendo en cuenta factores económicos y sociales).

En el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, ya aparecen definidos los objetivos perseguidos por el concepto Alara (6).

De forma simplificada, se puede resumir que el objetivo perseguido en la optimización de la protección radiológica consiste, una vez justificada una práctica, en utilizar todos los recursos posibles, de forma que los riesgos sean lo más reducidos posibles tanto para el trabajador como para la población.

La implementación de la optimización de la protección radiológica tomaría como partida el análisis de los siguientes aspectos:

- Reducción del tiempo de exposición asociado a la ejecución de la práctica. Para ello se debe estudiar el empleo de placas más rápidas y la preparación de los trabajadores mediante ejercicios de entrenamiento, con objeto de evitar el riesgo de repetición de trabajos de forma total o parcial debido a que no han sido ejecutados conforme a lo esperado.
- Realización de un análisis de las dosis individuales asociadas a los diferentes tipos de trabajos o tareas, con la ayuda de los sistemas de dosimetría de lectura directa. Esto permitirá identificar las dosis individuales asociadas a cada tipo de trabajo, teniendo en cuenta las técnicas empleadas, los tiempos de exposición y la pericia del operador. Magnitudes todas ellas de las que se puede extraer información que permita llevar a cabo un análisis orientado a la reducción de dosis individuales y al conocimiento del riesgo radiológico asociado a cada uno de los diferentes trabajos o tareas.
- Optimizar el número de personas involucradas en la ejecución de la práctica, de forma que no haya más de las estrictamente necesarias.
- Tener en consideración “niveles de dosis de referencia”, debido a que una exposición sistemática de los trabajadores a niveles de dosis cercanos al límite establecido por la legislación, estaría cercana a una situación de riesgo inaceptable.

- Realización de planes de formación básicos en protección radiológica y planes de reentrenamiento, en los que se incluyan líneas básicas del programa Alara aplicado a las prácticas.

La implementación de la optimización de la protección radiológica ocupacional (a través del concepto Alara), implica no solamente realizar un esfuerzo en el sentido de estudio, análisis y adaptación de los aspectos anteriores en la práctica normal de trabajo, sino también adoptar un compromiso dentro de la organización de la empresa para llevar a cabo la plena aplicación de los criterios Alara, integrando desde la cúpula de gestión de la empresa a la organización de los trabajadores y a los propios trabajadores mediante motivación o establecimiento de objetivos a cumplir.

El análisis de los aspectos arriba enunciados debe concluir con el establecimiento de modificaciones en la práctica operacional, de forma que se reduzcan las exposiciones con un costo razonable. Para ello se deberán elaborar los siguientes procedimientos que formarán parte del Reglamento de Funcionamiento: planificación de tareas, formación y entrenamiento del personal y programa de verificación efectuado por el supervisor a los operadores y ayudantes en las operaciones en campo. Además, se definirán unos niveles de dosis de referencia operacionales, que aseguren que las exposiciones ocupacionales están tan lejos, por debajo, de los límites establecidos por la legislación, como sea razonablemente posible.

9. Relación con los clientes

Se considera cliente a la persona o entidad responsable de la contratación para la realización de los trabajos de gammagrafía industrial.

Se establecerá un acuerdo entre la empresa de gammagrafía y el cliente con tiempo suficiente que permita planificar los trabajos desde el punto de vista de la seguridad y la protección radiológica, así como efectuar la notificación correspondiente al Consejo de Seguridad Nuclear.

El titular de la empresa de gammagrafía no aceptará que el cliente imponga condiciones contractuales o limitaciones que provoquen el desarrollo de los trabajos sin la seguridad y protección adecuadas. Deberán prevalecer los requerimientos legales y de seguridad frente a los comerciales.

El acuerdo referido asegurará una adecuada coordinación de los trabajos de gammagrafía con el resto de trabajos que se vayan a realizar, a fin de minimizar tanto los riesgos para los radiólogos como para el resto de trabajadores. Se necesitará una especial labor de coordinación cuando vayan a trabajar varias empresas de gammagrafía simultáneamente. Sería aconsejable establecer un sistema de permiso de trabajo para facilitar la coordinación y comunicación de los diferentes trabajos en el mismo emplazamiento.

Asimismo, el titular de la empresa de gammagrafía informará al cliente de su obligación de facilitar todos los medios necesarios para la realización de los trabajos en condiciones de seguridad, tales como andamios, iluminación, sistemas de seguridad para trabajar en espacios confinados, etc., de acuerdo con lo dispuesto en la normativa de aplicación y en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Para poder almacenar temporalmente los equipos de gammagrafía en las instalaciones del cliente, deberá haberse acordado previamente entre la empresa de gammagrafía y el cliente, asegurando que se cumplen los requisitos de seguridad establecidos, garantizando que el almacén disponga de acceso controlado.

10. Vigilancia sanitaria

La vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos se basará en los principios generales de Medicina del Trabajo y en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como en los reglamentos que la desarrollan.

Los trabajadores expuestos que desarrollan actividades en instalaciones de gammagrafía industrial deberán estar sometidos a exámenes de salud y revisiones médicas establecidas a tal efecto en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6).

Previamente a ser incorporado a un puesto de trabajo que implique riesgo de exposición, el trabajador que ha sido clasificado como trabajador expuesto de categoría A debe ser sometido a un examen de salud que permita comprobar que no se halla incurrido en ninguna de las incompatibilidades legalmente determinadas y decidir su aptitud para el trabajo al que se le destina.

Durante el ejercicio de su trabajo, los trabajadores expuestos clasificados como categoría A estarán sometidos, además, a exámenes de salud que permitan comprobar que siguen siendo

aptos para ejercer sus funciones. Estos exámenes se realizarán una vez al año o más frecuentemente si lo hiciera necesario el estado de salud del trabajador, sus condiciones de trabajo o los incidentes que puedan ocurrir.

La vigilancia sanitaria se realizará por Servicios de Prevención de Riesgos Laborales que desarrollen la función de vigilancia y control de los trabajadores o por Servicios Médicos Especializados autorizados. En ambos casos, tras el reconocimiento médico anual del trabajador, emitirán el correspondiente certificado de aptitud, el cual debe ser registrado junto con el historial dosimétrico del trabajador expuesto.

11. Formación y entrenamiento del personal

De acuerdo con el Título V del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (11) para dirigir el funcionamiento de la instalación existirá, como mínimo, un supervisor provisto de la licencia reglamentaria. Los equipos de gammagrafía sólo podrán ser manipulados por personal provisto de licencia de operador o supervisor.

La empresa se hará cargo de la correspondiente formación e instrucción de los trabajadores expuestos incluidos los ayudantes, en el ámbito de la protección radiológica.

Se deberá cumplir todo lo relacionado con formación, información e instrucción en materia de protección radiológica a un nivel adecuado, atendiendo a la responsabilidad y al riesgo de exposición radiológica en el puesto de trabajo, siguiendo lo establecido en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6).

Se efectuará el entrenamiento del personal mediante la realización de ejercicios prácticos que reflejen operaciones propias de situación normal y de emergencia. El objetivo de estas acciones irá dirigido a aumentar la pericia del trabajador en el desarrollo de una práctica para reducir los tiempos de exposición, así como a conseguir que el trabajador conozca de forma clara las actuaciones a llevar a cabo en caso de emergencia.

El programa de formación podrá ser impartido por el supervisor de la instalación y su contenido estará basado en lo establecido en la Guía de Seguridad GS-05.12 del CSN *Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas* (19), para el campo de aplicación de radiografía industrial.

La acreditación de haber recibido esta formación deberá ser presentada junto a la solicitud para la renovación de la licencia de operador.

Para la elaboración del programa de formación continua se podrá utilizar el documento elaborado por el Foro Industrial, titulado: "Formación continua para operadores y ayudantes de radiografía industrial"

12. Diarios de operación, registros e informes periódicos

Se cumplimentarán de acuerdo a lo establecido en los apartados I.8 y I.9 del anexo I de la Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear, IS-28 (16).

Los diarios de operación de los equipos radiactivos desplazados en las delegaciones de la empresa, deberán estar disponibles en estas. Asimismo, en los desplazamientos durante largos periodos de tiempo, los equipos deberán ir acompañados de sus diarios de operación.

En ambos casos será factible que los registros sean firmados por el personal con licencia de operador, que lleve a cabo las operaciones. En tal caso, dichos registros deberán ser visados y firmados por un supervisor, con una periodicidad no superior a tres meses.

13. Plan de Protección Física

Se desarrollará de acuerdo a la reglamentación sobre protección física de las instalaciones y de las fuentes radiactivas vigente (Real Decreto 1308/2011 de 26 de septiembre) (20).

Deberá quedar identificado el responsable directo del Plan.

El Plan incluirá medidas encaminadas a minimizar la probabilidad de retirada no autorizada de las fuentes radiactivas que se encuentren en la instalación radiactiva, en un medio de transporte o en su lugar de trabajo

14. Previsiones para la clausura

Este documento contendrá previsiones para la clausura de la instalación radiactiva, entre las que se considera, fundamentalmente, el destino final de los equipos radiactivos, así mismo

el titular deberá establecer una garantía financiera para hacer frente a la gestión segura de las fuentes encapsuladas de alta actividad en desuso, incluso en caso de insolvencia, cese de actividad o cualquier otra contingencia. Esta garantía podrá consistir en un seguro, en una cuenta bancaria bloqueada, o en otra garantía financiera concertada con una entidad financiera debidamente autorizada.

15. Reglamento de Funcionamiento y Plan de Emergencia Interior

Cada instalación radiactiva de gammagrafía dispondrá de sus propios documentos denominados Reglamento de Funcionamiento y Plan de Emergencia Interior. Estos documentos son esenciales en este tipo de instalaciones y deben diseñarse considerando que van dirigidos al personal de operación y por tanto, deben ser claros, concisos y de fácil manejo.

Deberá existir un procedimiento que indique sobre qué grupo(s) recaen las funciones de elaboración, modificación y divulgación de estos documentos y en el que se contemple que existe constancia escrita de que los citados documentos han sido recibidos por los trabajadores expuestos, y de que se comprometen a conocerlos y cumplirlos, según establece la especificación I.7 de la Instrucción IS-28 (16).

El documento *Reglamento de Funcionamiento* deberá contener al menos los siguientes apartados, que se desarrollarán en los correspondientes procedimientos:

- Organigrama.
- Normas de operación con los equipos.
- Normas de protección radiológica.
- Normas de transporte del material radiactivo.
- Pruebas, verificaciones y mantenimiento de equipos y accesorios.
- Formación y entrenamiento del personal.
- Diarios de operación.

El documento *Plan de Emergencia Interior* deberá recoger aquellas situaciones anormales que se puedan producir durante el almacenamiento, transporte y operación con los equipos provistos de fuentes radiactivas, así como las medidas de actuación a seguir durante dichas situaciones a fin de conseguir un control de las mismas y mitigar sus consecuencias.

Los criterios para desarrollar estos documentos, quedan recogidos en los anexos B y C de la presente Guía.

Definiciones

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

- 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 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.
- Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, *Sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.*

Además de lo anterior, se utilizan ciertos términos que, dentro del contexto de esta Guía se entienden como sigue:

- **Blindaje:** Construcción formada por un conjunto de materiales de composición y geometría adecuados (especialmente se atiende a los espesores) para atenuar los niveles de radiación procedentes de una fuente radiactiva.
- **Barrera primaria:** Blindaje suficiente para atenuar el haz útil de radiación a un grado requerido.
- **Barrera secundaria:** Blindaje suficiente para atenuar la radiación secundaria que se dispersa del haz útil y de la radiación de fuga del equipo.
- **Haz útil:** Radiación ionizante emitida directamente por una fuente de radiación.
- **Enclavamiento:** Dispositivo que se instala en los accesos a recintos blindados para impedir la entrada accidental de toda persona durante la exposición con haz útil.
- **Factor de transmisión:** Cociente entre las tasas de exposición producidas por una fuente radiactiva, con y sin el blindaje interpuesto.

Referencias bibliográficas

1. *Apparatus for industrial gamma radiography.-Design and test criteria.* ISO 3999, International Organization for Standardization.
2. Dispositivos para señalización de radiaciones ionizantes. UNE 73-302, Asociación Española de Normalización y Certificación.
3. Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, que remite al cumplimiento del Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR).
4. Sealed radioactive sources Classification and general requirements. ISO 2919, International Organization for Standardization.
5. Manual práctico de seguridad radiológica. Manual sobre gammagrafía industrial Organismo Internacional de Energía Atómica (1994) (Editado por el CSN en 1996).
6. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.
7. Recommendation for data on shielding from ionizing radiation. Part. 1 Shielding from gamma radiation. BS-4094. British Standards Institution.
8. Guía de Seguridad GS-05.03 (Revisión 1) Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas. Consejo de Seguridad Nuclear.
9. Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.
10. Real Decreto 533/1996, de 15 de marzo, por el que se declara al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), como laboratorio depositario de los patrones nacionales de las unidades derivadas de actividad (de un radionucleido), exposición (rayos X y Gamma), Kerma y dosis absorbida, y como laboratorio asociado al Centro Español de Metrología.

11. Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.
12. Guía de Seguridad GS-05.08 Bases para elaborar la información relativa a la explotación de instalaciones radiactivas. Consejo de Seguridad Nuclear.
13. Guía de Seguridad GS-05.02 Documentación técnica para solicitar autorización de funcionamiento de las instalaciones de manipulación y almacenamiento de fuentes encapsuladas (2ª y 3ª categoría). Consejo de Seguridad Nuclear.
14. Guía de Seguridad GS-05.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico. Consejo de Seguridad Nuclear.
15. Instrucción de 2 de abril 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-18, sobre los criterios aplicados por el Consejo de Seguridad Nuclear para exigir, a los titulares de las instalaciones radiactivas, la notificación de sucesos e incidentes radiológicos.
16. Instrucción de 22 de septiembre 2010, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-28, sobre las especificaciones técnicas de funcionamiento que deben cumplir las instalaciones de segunda y tercera categoría.
17. Guía de Seguridad GS-07.10 Plan de Emergencia Interior en Instalaciones Radiactivas. Consejo de Seguridad Nuclear.
18. Norma UNE-EN ISO 10012. Sistema de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición (ISO 10012:2003).
19. Guía de Seguridad GS-05.12 Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas. Consejo de Seguridad Nuclear.
20. Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas.

Anexo A Certificados de verificación del gammógrafo (contenedor) y telemando

1. Certificado del equipo de gammagrafía (contenedor)

Contendrá como mínimo la siguiente información:

- Identificación de la entidad y de la persona que emite el certificado.
- Marca, modelo y número de serie del equipo.
- Identificación de la instalación radiactiva usuaria del equipo.
- Fecha de operación de la asistencia técnica.
- Resultados de las verificaciones relativas a:
 - Estado general del contenedor.
 - Funcionamiento de la cerradura de bloqueo.
 - Funcionamiento del anillo selector.
 - Funcionamiento del dispositivo de enclavamiento y señalización de posición de fuente.
 - Conexión del portafuentes con el telemando.
 - Tapón de conexión contenedor-tubos guía.
 - Medida de la contaminación en el canal de almacenamiento.
 - Niveles de radiación en el exterior.
 - Estado de las señalizaciones.
- Acciones correctoras o de mantenimiento efectuadas.

2. Certificado del telemando

Contendrá como mínimo la siguiente información:

- Identificación de la entidad y de la persona que emite el certificado.
- Marca, modelo y número de identificación.
- Identificación de la instalación radiactiva usuaria del telemando.
- Fecha de la operación de asistencia técnica.
- Resultados de las verificaciones relativas a:
 - Estado del cable propulsor.
 - Longitud del cable propulsor.
 - Estado de la manguera.
 - Conexión del telemando con el portafuentes.
 - Funcionamiento del seguro.
 - Funcionamiento del cuentavuelas.
 - Prueba general de funcionamiento del telemando.
- Acciones correctoras o de mantenimiento efectuadas.

Anexo B Reglamento de Funcionamiento

1. Organigrama

Se deberá definir la organización de la instalación radiactiva de forma que quede establecida una línea inequívoca de autoridad y responsabilidad entre su personal.

Si la instalación tiene delegaciones, se deberá definir la organización de las mismas, así como su relación con la sede central. En éstas deberá existir una persona responsable con licencia, estableciendo y definiendo claramente sus responsabilidades en materia de seguridad y protección radiológica.

Se definirán para cada grupo establecido en esta organización sus funciones y responsabilidades, así como las prohibiciones que afectan a esos puestos de trabajo (deberán quedar claramente definidas las operaciones que puedan llevar a cabo y las que no). En base a las actividades que desarrolle cada grupo se indicará su clasificación de acuerdo al artículo 20 del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (6).

Todas las responsabilidades y funciones que se definan para las distintas figuras que aparezcan en el organigrama deberán estar desarrolladas en sus correspondientes procedimientos.

La clasificación como trabajadores expuestos vendrá definida en base a las condiciones de trabajo, de forma que no sería aceptable incluir en la relación de trabajadores expuestos, personal que, por ejemplo, únicamente tenga funciones administrativas.

Los equipos sólo podrán ser manipulados por personal con licencia reglamentaria. En el caso de que en la organización de la instalación se contemple la existencia de ayudantes sin licencia, al definir sus funciones y responsabilidades deberán tener en cuenta esta circunstancia.

La instalación dispondrá de las licencias reglamentarias que como mínimo serán: un supervisor por instalación; un número de operadores acorde con el número de equipos, y un supervisor u operador responsable de cada delegación, cuando en estas haya un equipo desplazado provisto de fuente radiactiva, que se encargará de las funciones asignadas de protección radiológica en la misma. El personal deberá ser suficiente y adecuado para poder realizar las funciones que se describan en el Reglamento de Funcionamiento.

2. Normas de operación con los equipos

Se debe disponer de un procedimiento de almacenamiento y control de los equipos que permita conocer la ubicación de los mismos en cada momento.

Se debe disponer de procedimientos a seguir en el desarrollo de una inspección radiográfica en función del tipo de equipo a utilizar. Dicho procedimiento describirá la secuencia de operaciones que se debe llevar a cabo con los equipos durante todo el proceso de la inspección radiográfica. Dentro de esa secuencia se incluirán las verificaciones que han de llevarse a cabo para conseguir una operación segura y para prevenir cualquier incidente (revisión previa de los elementos de los equipos y verificaciones a realizar durante y después de la inspección radiográfica).

Los trabajos de gammagrafía con equipos que incorporen una fuente de Co-60, se efectuarán dentro de recintos blindados que dispongan de sistemas de seguridad apropiados, diseñados y contruidos de acuerdo a los requisitos previamente establecidos.

Para llevar a cabo un trabajo de gammagrafía fuera de las dependencias de la instalación radiactiva, con un equipo que incorpore una fuente de Co-60, se requerirá su comunicación al Consejo de Seguridad Nuclear, para su aceptación, con una anterioridad mínima a su realización de siete días, debiendo adjuntar tanto la justificación del uso de dicha fuente, como la planificación efectuada por el supervisor para ese trabajo en concreto, donde se establezcan las medidas y medios de protección radiológica a utilizar, así como las dosis previstas para el personal que lo vaya a realizar.

Dentro de las normas de operación con los equipos se pueden diferenciar distintos aspectos, los cuales son relacionados a continuación de forma independiente:

2.1. Normas de operación en gammagrafía móvil

El procedimiento señalará las medidas de protección radiológica a seguir en los distintos momentos de la inspección radiográfica (vigilancia de niveles de radiación, delimitación y señalización de zonas, controles de acceso, sirenas y claxon adicionales en el caso de equipos de gammagrafía tipo "Crawler", uso de blindajes...), e indicará cómo se deben poner en práctica estas medidas. Para su elaboración se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Las operaciones serán realizadas por un operador o supervisor acompañado de otra persona que actúe como ayudante, conforme a las funciones y responsabilidades definidas en el organigrama de la instalación radiactiva.

- Cuando un equipo no se encuentre en operación, no se debe dejar almacenado con la llave puesta, ya que facilitaría su uso no controlado.
- Cada vez que se deposita un equipo radiactivo en el almacén, deberá realizarse una medida de tasa de dosis del mismo.
- Cuando se esté trabajando con un equipo en obra, el operador será responsable del mismo, no debiendo en ningún momento abandonarlo en lugares donde pueda correr algún riesgo físico o ser manipulado por personal no autorizado.

Cuando se vaya a proceder al almacenamiento temporal de equipos en obra, los locales a elegir han de tener las siguientes características:

- Acceso controlado (con cerradura).
- Alejado de puntos peligrosos (sala de calderas, hornos, depósitos de gases o líquidos combustibles, transformadores eléctricos...).
- No existirán en ellos puestos de trabajo fijos.
- La tasa de dosis en el exterior no superará el valor de 0,5 $\mu\text{Sv/h}$.
- Cuando en la obra exista personal de seguridad, se pondrá en su conocimiento el lugar y tipo de material almacenado.
- Antes del desplazamiento de los equipos se concertará con el cliente la preparación de un recinto con las características adecuadas.

Previamente al desplazamiento hacia el lugar donde se efectuará el trabajo, el operador comprobará que dispone de todo el equipamiento para el desarrollo del mismo, incluidos: la planificación efectuada por su responsable en protección radiológica, los medios de protección radiológica, así como toda la documentación de transporte, si se utiliza un transporte propio de la empresa, y del diario de operación del equipo en el caso de que el desplazamiento tenga una duración de varios días.

El listado del equipamiento de protección radiológica, al menos debería incluir:

- Dosímetro personal de termoluminiscencia (TLD) para operador y ayudante.

- Dosímetro de lectura directa (DLD) para operador y ayudante.
- Monitor de radiación.
- Colimador.
- Elementos para la acotación y señalización de zonas (cintas, cuerdas, carteles...).
- Planificación del trabajo en protección radiológica.
- Tablas o gráficas para el cálculo de los parámetros que influyen en la protección radiológica.
- Equipamiento para hacer frente a una emergencia (sólo si el desplazamiento se hace a gran distancia de la instalación).

En el caso de que el equipamiento no esté asignado de manera permanente a cada trabajador, es recomendable que se desarrolle un procedimiento para que en la instalación se siga un control sobre este material.

Asimismo, antes de la partida se revisará que el contenedor, sus accesorios (mangueras y telemando) y el equipamiento de protección radiológica se encuentran en perfecto estado para su uso, siguiendo el procedimiento aprobado. Igualmente se constatará que el contenedor está señalizado según lo establecido en el ADR (3) para su transporte.

Siempre que sea posible se deberán usar colimadores.

Se hará un cálculo teórico a fin de proceder a la acotación y señalización de la zona de trabajo. Para ello se tendrán en cuenta los factores de ocupación de la misma y de utilización de los equipos, considerando que se estima recomendable situar la acotación para la zona controlada en un rango de tasa de dosis entre 7,5 a 20 $\mu\text{Sv/h}$. La acotación se realizará como sea razonablemente posible, bien utilizando estructuras ya existentes en el lugar de operación (muros, etc.), usando barreras temporales o acordonando la zona con cintas.

El número de mangueras de salida a conectar será el mínimo necesario y se deberá tener en cuenta la longitud del cable propulsor del telemando.

Tanto las mangueras de salida, como las mangueras del telemando, se situarán lo más en línea recta posible.

La cesta del telemando se colocará a la máxima distancia posible del punto de exposición y en un lugar en el que preferiblemente exista un blindaje.

Se indicarán los dispositivos a utilizar para posicionar la fuente.

Siempre que sea posible las operaciones se realizarán en horarios en que en la zona no exista personal ajeno a estas operaciones. En el caso de que esto no sea factible deberán incluir los criterios para delimitar el área de acceso prohibido a personal distinto del propio operador, para garantizar que no se superará el límite de dosis para público.

Equipos tipo *CRAWLER*

En el caso de radiografiado mediante equipos tipo "Crawler", previamente se seleccionarán los parámetros de operación tales como: tiempo de exposición, control del movimiento del equipo, y tiempo de espera desde que se activa la señal de exposición y el inicio de ésta.

En el procedimiento de operación con estos equipos se detallarán la secuencia de operaciones a seguir, como en el caso anteriormente expuesto.

Los requerimientos generales de protección radiológica, ya mencionados, son aplicables a la operación con este tipo de equipos. Además, dado que operan en el interior de tuberías, pasando inadvertido su funcionamiento en el exterior de las mismas, sería aconsejable que incorporasen medidas adicionales de protección radiológica; por ejemplo, señales de aviso que funcionen de forma automática, porque un movimiento no intencionado de la fuente de baja actividad puede provocar el inicio de una exposición no planeada. Estas señales de aviso deben ser capaces de alertar al público presente en las inmediaciones.

Debido a que estos equipos pueden trabajar en ambientes ruidosos, la señal emitida por el equipo resultará atenuada por la pared de la tubería, por ello sería aconsejable que incorporasen sirenas y claxon.

Suplementariamente, fuera de la tubería sería recomendable que se dispusiera de las siguientes alarmas:

- Una alarma visual en ambientes ruidosos.
- Una alarma que indique la posición del "Crawler" dentro de la tubería cuando esté en modo de exposición.

Hay que resaltar la necesidad del uso del detector de radiación cuando se opere con estos equipos, ya que es la única manera de conocer si la fuente ha retornado a su posición de blindaje, de ahí la importancia de que estos detectores se encuentren en estado operativo.

2.2. Gammagrafía en instalaciones de tipo fijo

Este tipo de prácticas implican un menor riesgo radiológico, debido a la utilización de un recinto blindado donde se encuentra situado el equipo provisto de fuente radiactiva, en el que no hay personal trabajando durante el transcurso de la práctica, pero a veces, esto provoca una relajación de los procedimientos de operación, pudiendo dar lugar a graves incidentes en este tipo de instalaciones.

Igual que para la radiografía móvil, en el Reglamento de Funcionamiento se debe desarrollar un procedimiento específico para estas instalaciones, que considere los sistemas de seguridad y señalizaciones de que dispongan y que se describen en el apartado 4 de esta Guía, pero sin olvidar que al entrar a los recintos blindados siempre se debe ir provisto del monitor de radiación portátil y de la dosimetría personal oficial.

2.3. Procedimientos de cálculo

Existen tres factores básicos que permiten reducir la dosis que recibiría un operador de gammagrafía así como el público que se encuentra en las inmediaciones del equipo:

- Reducir el tiempo de operación.
- Aumentar la distancia máxima razonable entre el operador y la fuente.
- Interponer blindajes entre la fuente y el operador.

Para reducir la dosis se puede utilizar cualquiera de estos factores o una combinación de ellos.

A fin de facilitar a los trabajadores los cálculos a realizar para determinar aquellos factores que afectan a la protección radiológica, se recomienda que entre el equipamiento se incluyan tablas o gráficas de fácil manejo.

A continuación se presentan, a modo orientativo, una serie de ejemplos y tablas para cuantificar los factores arriba mencionados, así como para calcular el decaimiento de la fuente radiactiva.

1° Cálculo de dosis:

Para calcular la tasa de dosis (\dot{D}) se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\dot{D} = \frac{K \cdot A}{d^2} \quad [1]$$

donde:

- La constante específica de radiación gamma (K) es la tasa de dosis absorbida, expresada en mSv/h, a una distancia de un metro de un radionucleido de 1 Bq de actividad.
- La actividad de la fuente (A) se expresa en Bequerelios.
- La distancia (d) se expresa en metros desde la fuente hasta el punto de interés.

A continuación se presenta una tabla con los valores de la constante específica de radiación gamma para distintos radionucleidos que se pueden utilizar en gammagrafía:

Radionucleido emisor gamma	Constante específica de radiación gamma (K) (mSv/h).m ² /Bq
Selenio-75	5,4.10 ⁻¹¹
Iterbio- 169	3,4.10 ⁻¹¹
Tecnecio-99 m	2,2.10 ⁻¹¹
Tulio-170	0,07.10 ⁻¹¹
Cesio-137	8,1.10 ⁻¹¹
Iridio-192	13.10 ⁻¹¹
Cobalto-60	35,1.10 ⁻¹¹

Por ejemplo: aplicando la expresión [1] para calcular la tasa de dosis debida a una fuente de Iridio-192 de 1,48 TBq (40 Ci), y a una distancia de 10 metros, se obtiene:

$$\dot{D}_2 = 13 \cdot 10^{-11} \cdot 1,48 \cdot 10^{12}/10^2 = 1,92 \text{ mSv/h (0,192 rem/h)}$$

Como la dosis es igual a la tasa de dosis por el tiempo ($D = \dot{D} \cdot t$), un operador que permaneciera una hora en ese lugar recibiría 1,92 mSv (0,192 rem).

2.º Influencia del tiempo:

Partiendo del ejemplo anterior, si en vez de una hora se permaneciera en una operación un minuto, la dosis que se recibiría sería:

$$1,92/60 = 0,032 \text{ mSv (3,2 mrem)}$$

3.º Influencia de la distancia. Acotación de zonas:

Despejando la distancia de la expresión [1] se obtiene:

$$d = \sqrt{\left(\frac{K \cdot A}{\dot{D}}\right)} \quad [2]$$

Mediante la ecuación [2] se pueden construir tablas, como la tabla 1 que se expone a modo de ejemplo, en la que se indica la distancia mínima (expresada en metros) para acotación (en el caso de una tasa de dosis de 7,5 µSv/h (0,75 mrem/h)), teniendo en cuenta la actividad de la fuente y considerando que no existe ningún material de blindaje.

TABLA 1. Distancia mínima para acotación en función de la actividad de una fuente de Ir-192

Actividad en Bq para Ir-192	Distancia en metros
3,7. 10 ¹¹ (10 Ci)	80,0
7,4. 10 ¹¹ (20 Ci)	113,2
1,1. 10 ¹² (30 Ci)	138,6
1,48. 10 ¹² (40 Ci)	160,0
1,85. 10 ¹² (50 Ci)	178,9
2,22. 10 ¹² (60 Ci)	196,0
2,59. 10 ¹² (70 Ci)	211,7
2,96. 10 ¹² (80 Ci)	226,3
3,33. 10 ¹² (90 Ci)	240,0
3,7. 10 ¹² (100 Ci)	253,0

Ejemplo para la utilización de la tabla 1:

Suponiendo que se trabaja con una fuente de Iridio-192 de 1,1.10¹² Bq (30 Ci) de actividad, la distancia de acotamiento sería de 138,6 metros.

4.º Influencia de interponer un blindaje

Al interponer un material entre la fuente y el trabajador, el haz de radiación cede energía y consecuentemente es atenuado en su paso a través del material. Dicha atenuación depende del material que se utilice, así como del espesor del mismo.

- a) *Utilizando los factores de transmisión de la British Standards Institution (7), recogidos en los gráficos de las figuras 1 y 2, se puede calcular la reducción en la tasa de dosis que produce un determinado espesor de plomo, acero u hormigón.*

Conocida la tasa de dosis antes del blindaje (\dot{D}_1) y una vez determinado con la gráfica el factor de transmisión (T) a través de un determinado espesor, la tasa de dosis (\dot{D}_2) tras el blindaje será calculada siguiendo la expresión:

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_1 \cdot T \quad [3]$$

Por ejemplo, una tasa de dosis de 0,3 mSv/h (30 mrem/h) en un determinado punto, se reducirá mediante una plancha de acero de 5 centímetros hasta:

$$\dot{D}_2 = 0,3 \text{ mSv/h} \cdot 0,1 = 0,03 \text{ mSv/h}$$

- b) Otro método de cálculo es mediante *la aplicación del espesor de semi-reducción de un material*, definido como el espesor de dicho material que reduce la intensidad del haz de radiación a la mitad.

Para el caso del Iridio-192, en la tabla 2 se muestran los espesores de semi-reducción para diferentes materiales.

TABLA 2. Espesores de semi-reducción para una fuente de Ir-192 en función del material

	Plomo (mm)	Acero (mm)	Hormigón (mm)
Iridio-192	4	13	40

Ejemplo de la utilización de la tabla 2:

Suponiendo que se intercala entre la fuente y el trabajador una plancha de plomo de 1,2 cm (12 mm), para calcular el número de espesores de semi-reducción (n), se divide este valor por el espesor de semi-reducción que figura en la tabla 2:

$$\frac{12 \text{ mm Plomo}}{4 \text{ mm espesor semireducción}} = 3 \text{ espesores de semi-reducción (n)}$$

FIGURA 1. Transmisión de los rayos gamma del Ir-192 a través de distintos materiales

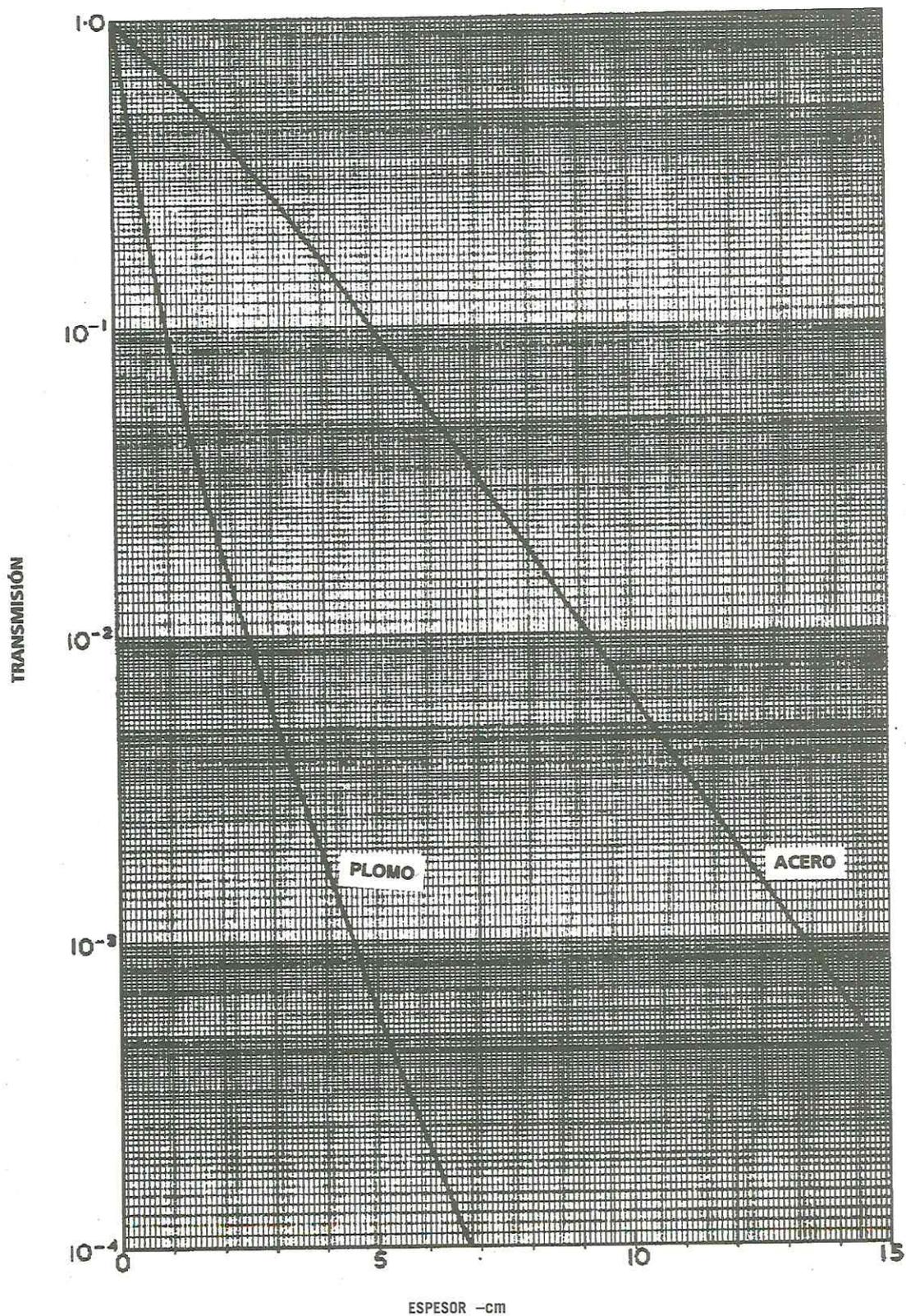
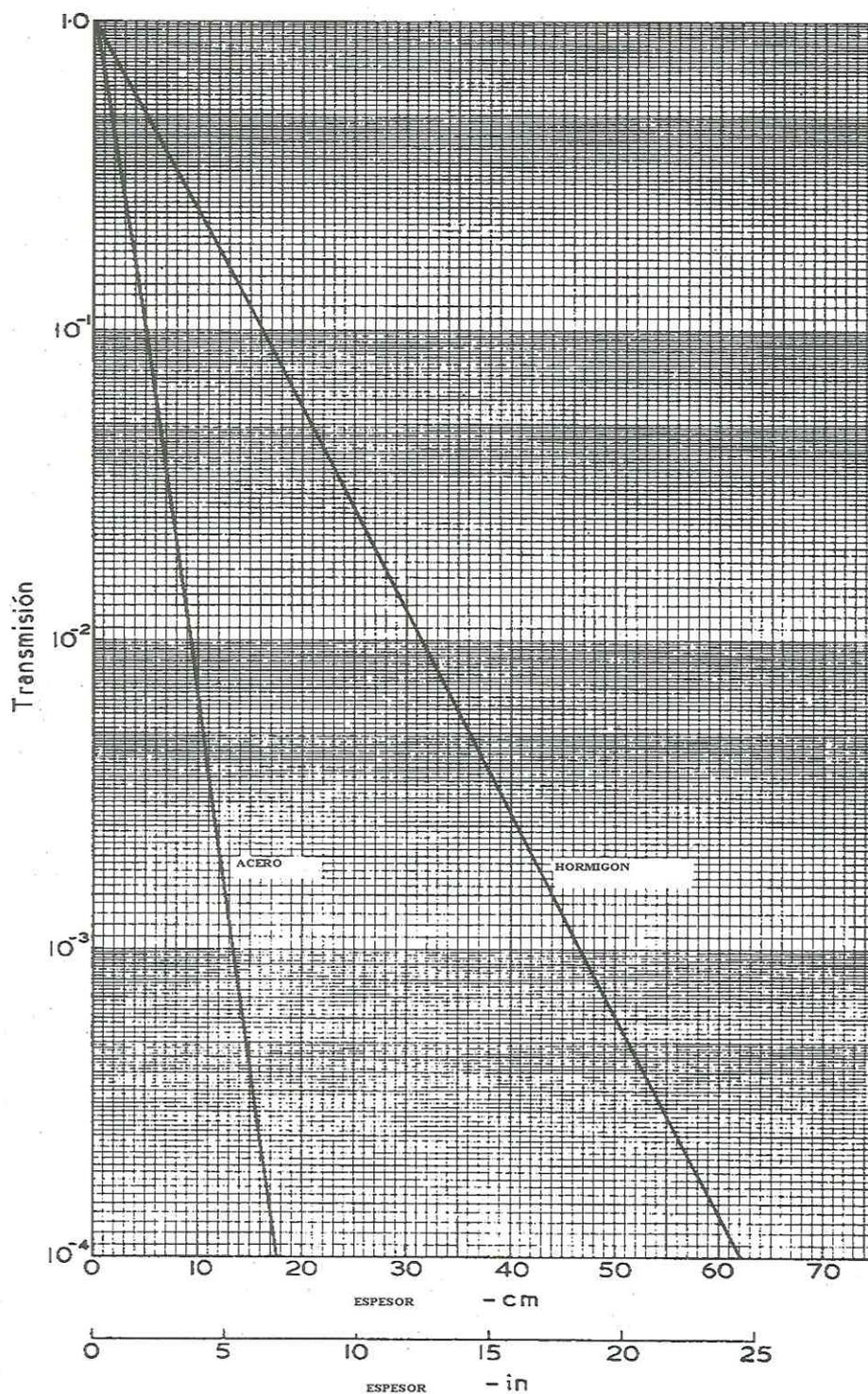


FIGURA 2. Transmisión de los rayos gamma del Ir-192 a través de distintos materiales



La nueva tasa de dosis se obtendrá utilizando la expresión:

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_1/2^n \quad [4]$$

es decir, al existir 3 espesores de semi-reducción se reduce la intensidad del haz de radiación hasta 8 veces su valor inicial ($1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2=1/8$).

Por tanto, partiendo de una tasa de dosis de 0,3 mSv/h (30 mrem/h) e interponiendo el blindaje de 12 mm de plomo, la nueva tasa de dosis será:

$$\dot{D}_2 = 0,3 \text{ mSv/h} \cdot 1/8 = 0,0375 \text{ mSv/h (3,7 mrem/h)}$$

Obviamente la distancia a la que habrá que acotar será menor, de ahí la importancia del uso de colimadores.

Para el cálculo directo de la distancia de acotación tras haber implementado un blindaje, se utilizará una nueva expresión [2'] que incorpora el factor de atenuación del blindaje interpuesto (f), donde f se corresponde al inverso del factor de transmisión (1/T), o lo que es lo mismo, el inverso del valor 2^n (siendo n, el número de espesores de semi-reducción):

$$d = \sqrt{\frac{K \cdot A \cdot f}{\dot{D}}} \quad [2']$$

Siguiendo con el ejemplo anterior (fuente de Ir-192 de 30Ci), la distancia de acotamiento de zona controlada tras haber interpuesto un blindaje de 12 mm de plomo sería:

$$d = \sqrt{\frac{K \cdot A \cdot f}{\dot{D}}} = \sqrt{\frac{13 \cdot 10^{-11} \cdot 1000 \cdot 1,1 \cdot 10^{12} \cdot 1/8}{7,5}} = 49m$$

Mediante la ecuación [2'] se pueden construir tablas, como la tabla 3, que se presenta a modo de ejemplo, en la que se indica la distancia mínima (expresada en metros) para delimitar la zona a acotar (en el caso de una tasa de dosis de 7,5 μ Sv/h (0,75 mrem/h)), teniendo en cuenta la actividad de la fuente y considerando el espesor que se interpone de un blindaje de Plomo. Igualmente se pueden construir otras tablas para otros materiales de blindaje.

TABLA 3. Distancias (m) para acotar la zona controlada (0,75 mrem/h) en función del grosor de blindaje de plomo y distintas actividades de Ir-192

Actividad Fuente Ir-192		Espesor de Pb			
Bq	Ci	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm
$3,7 \cdot 10^{11}$	10	33,8 m	14,2 m	6 m	2,5 m
$7,4 \cdot 10^{11}$	20	47,8 m	20 m	8,5 m	3,6 m
$1,1 \cdot 10^{12}$	30	58,6 m	24,5 m	10,3 m	4,4 m
$1,48 \cdot 10^{12}$	40	67,6 m	28,3 m	11,9 m	5 m
$1,85 \cdot 10^{12}$	50	75,6 m	31,7 m	13,3 m	5,6 m
$2,22 \cdot 10^{12}$	60	82,8 m	34,7 m	14,6 m	6,2 m
$2,59 \cdot 10^{12}$	70	89,5 m	37,5 m	15,7 m	6,7 m
$2,96 \cdot 10^{12}$	80	95,6 m	40 m	16,8 m	7,1 m
$3,33 \cdot 10^{12}$	90	101,4 m	42,5 m	17,9 m	7,5 m
$3,7 \cdot 10^{12}$	100	107 m	44,8 m	18,8 m	8 m

Ejemplo de utilización de la tabla 3:

Suponiendo que se trabaja con una fuente de Iridio-192 de $1,11 \cdot 10^{12}$ Bq (30 Ci) de actividad y se dispone como blindaje de una plancha de plomo de 2 cm de espesor, para delimitar la zona controlada la distancia a tomar será de 24,5 metros.

5.º Decaimiento de la actividad de la fuente radiactiva

Para una determinada sustancia radiactiva todos los núcleos tienen la misma probabilidad de desintegración en una unidad de tiempo, independientemente de sus condiciones físicas y químicas. Así, cada isótopo posee un período de semidesintegración ($T_{1/2}$) característico, definido como el tiempo necesario para que el número de átomos radiactivos existentes en un instante inicial se reduzca a la mitad.

Por ejemplo, en el caso del Iridio-192 el período de semidesintegración es de 74 días; lo cual quiere decir que si se tiene una fuente con una actividad de $2,96 \cdot 10^{12}$ Bq (80 Ci), cuando hayan transcurrido 74 días la actividad será de $1,4 \cdot 10^{12}$ (40 Ci).

Para determinar la actividad de una fuente en cualquier momento, la expresión a utilizar es:

$$A_2 = A_1 \cdot e^{-\lambda t} \quad [5]$$

donde:

A_2 es la actividad en la fecha en que se quiere determinar.

A_1 es la actividad conocida en un determinado día.

λ es la constante de desintegración característica de cada isótopo ($T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$).

t es el tiempo transcurrido desde el día de actividad conocida.

Para el caso del Iridio-192 el valor de λ es $9,3 \cdot 10^{-3} \text{ días}^{-1}$.

Por lo tanto, conociendo la actividad de una fuente en una determinada fecha, se puede conocer su actividad en cualquier otra.

Por ejemplo; sea una fuente de Iridio-192 en cuyo certificado de calibración se especifica que el día 1 de enero su actividad era de $2,22 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ (60 Ci); si la fecha actual es 24 de febrero, su actividad este día será:

dado que el período de tiempo transcurrido es de 55 días, aplicando la expresión [5] se obtiene:

$$A = 2,22 \cdot 10^{12} \cdot e^{-9,3E-3 \cdot 55}$$

luego, su actividad el día 24 de febrero es $A = 1,33 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ (35,97 Ci)

Un método más rápido, aunque aproximado, para el cálculo de la actividad de la fuente radiactiva, se recoge en la tabla 4, según el cual será suficiente multiplicar la actividad de la misma por el factor especificado en dicha tabla, donde el tiempo transcurrido viene expresado en semanas.

Ejemplo de utilización de la tabla 4:

Para una fuente con una actividad de $2,96 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ (80 Ci), al cabo de cuatro semanas su actividad será:

$$A = 2,96 \cdot 10^{12} \cdot 0,771 = 2,282 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

al cabo de 15 semanas su actividad será: $A = 2,96 \cdot 10^{12} \cdot 0,377 = 1,116 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$

Tabla 4. Factores a utilizar para el cálculo de la actividad actual de la fuente radiactiva de Ir-192 en función del tiempo transcurrido (t, en semanas)

Semanas	0	10	20
0	1,000	0,521	0,272
1	0,937	0,487	0,255
2	0,878	0,458	0,239
3	0,822	0,427	0,224
4	0,771	0,402	0,210
5	0,722	0,377	0,196
6	0,677	0,353	0,184
7	0,634	0,331	0,172
8	0,594	0,310	0,161
9	0,557	0,290	0,149

3. Normas de protección radiológica

Dentro de este apartado se incluirán los procedimientos donde se desarrollarán las normas relativas a la vigilancia de los trabajadores expuestos y normas básicas de actuación en protección radiológica operacional, contemplando al menos:

a) **Control, uso, almacenamiento y gestión de los dosímetros personales (TLD).** Para la correcta utilización de este tipo de dispositivos de medida de las dosis de radiación recibidas por la persona que lo usa, se debe tener en cuenta:

- Los dosímetros personales han de prenderse en la ropa (o dentro de un bolsillo), a la altura del pecho.
- En caso de utilizar elementos de radioprotección durante la ejecución de la práctica, tales como delantales plomados, los dosímetros se colocarán debajo de los mismos.
- Los dosímetros personales deben ser utilizados en todo momento durante la jornada laboral. Al término de la misma, los dosímetros se guardarán en un lugar alejado de las fuentes de radiación, calor y humedad.

- Deberá estar terminantemente prohibido manipular o abrir los dosímetros, irradiarlos intencionadamente o dañarlos de cualquier modo, siendo el usuario del mismo el responsable de su buen uso y de mantener su integridad.
- En caso de que el usuario deba acceder a una zona dotada con control de acceso vigilado mediante equipos de rayos X, el dosímetro no se pasará a través de dichos equipos, para evitar una irradiación accidental.
- Los dosímetros personales no deben ser utilizados fuera del lugar de trabajo.
- En caso de encontrar un dosímetro al que previamente se dio por perdido, no deberá ser utilizado sino que se entregará al responsable de la empresa para su envío inmediato al servicio de dosimetría personal externa.
- Los dosímetros deben ser cambiados de forma mensual y en la fecha prevista por el responsable de la empresa a tal efecto. Para ello se deberá disponer de normas escritas sobre cómo efectuar el cambio y distribución mensual de los dosímetros personales, con objeto de evitar situaciones en las que no se efectúe dicho proceso porque el trabajador esté fuera de la empresa o por falta de información.
- Si se produjese o se sospechara de la ocurrencia de una sobreexposición, los dosímetros personales serían inmediatamente enviados al servicio de dosimetría personal.
- En caso de extravío del dosímetro o cuando éste haya sufrido algún incidente, este hecho deberá ser comunicado inmediatamente al supervisor y registrado en el diario de operación general de la instalación.

b) Control, uso, almacenamiento y gestión de los dosímetros de lectura directa (DLD). Para la correcta utilización de este tipo de dispositivos de medida de las dosis de radiación recibidas por la persona que lo usa, se debe tener en cuenta:

- Estos dosímetros deben ser utilizados en todo momento durante el desarrollo de la operación de gammagrafía de tipo móvil.
- En el transcurso de la práctica el trabajador leerá el dosímetro de forma periódica, a intervalos tanto más frecuentes cuanto mayor sea el riesgo radiológico asociado.
- En el caso de detectar una lectura anormalmente alta, el trabajador deberá suponer que la lectura es debida a un nivel de radiación elevado, por lo que habrá de detener las operaciones

que esté realizando en esa área de trabajo y poner el hecho en conocimiento del supervisor, el cual deberá evaluar el riesgo radiológico asociado a ese trabajo y enviar los dosímetros TLD de los trabajadores involucrados en ese hecho al servicio de dosimetría personal externa autorizado, para proceder a su lectura.

- Se deben registrar los niveles de dosis que aparecen en la pantalla del dosímetro de lectura directa del usuario al concluir el trabajo, lo que permitirá efectuar una relación dosis-trabajo o tarea.
 - Antes de empezar a trabajar con estos dosímetros se debe prestar atención a los indicadores de estado de batería y de necesidad de calibración que puedan aparecer.
 - Se dispondrá de un procedimiento para la realización de las verificaciones periódicas de estos dosímetros.
 - Si el dosímetro de lectura directa que utiliza un operador se saliera de escala, se enviará el dosímetro personal (TLD) asignado a ese operador al servicio de dosimetría personal externo autorizado para su lectura, dentro de las 24 horas siguientes.
- c) **Control y utilización de los diferentes modelos de detectores de radiación, se debe tener en cuenta:**

- Para cada uno de los modelos de detector existentes en la instalación deberá incluirse el procedimiento de utilización. En general, para muchos de los detectores en uso los puntos a recoger en el procedimiento podrían ser:

- 1.º Comprobación de que el estado de baterías del detector es correcto.
- 2.º Ajuste a cero.
- 3.º Información sobre las diferentes escalas o rangos de medida, indicando cómo se deben interpretar los valores obtenidos en cada una de ellas, a fin de obtener los resultados en intensidad de dosis.
- 4.º Verificaciones a realizar para constatar que la respuesta del detector es correcta.

En el caso de que sea el personal de la propia instalación quien realice estas verificaciones periódicas, se dispondrá de un procedimiento para efectuarlas, así como una hoja de registro de datos obtenidos como consecuencia de la ejecución de dicho proceso.

- Se dispondrá de procedimiento para el almacenamiento y control de detectores cuyo objetivo es que los detectores se mantengan en buenas condiciones de uso.
- En el caso de que en la instalación se disponga de varios detectores de radiación, es recomendable incluir un procedimiento para el control de los mismos, de manera que en todo momento se conozca quien lo tiene en uso y su estado de funcionamiento.
- Procedimiento a seguir por el operador en caso de que detecte un mal funcionamiento en un detector. Deberán considerarse la comunicación al supervisor o responsable previamente designado y el registro en el diario de operación de la instalación. Es recomendable que los detectores averiados sean marcados, de manera que no sean llevados a operar inadvertidamente. Esta recomendación es también válida para los dosímetros de lectura directa y para el propio gammágrafo y sus accesorios.

d) Optimización de la protección radiológica

Se desarrollaran los procedimientos de: planificación de tareas, formación y entrenamiento del personal y programa de inspección en obra. Además, se definirán unos niveles de dosis de referencia, cuya superación supondría una investigación de los procedimientos de operación, así como el establecimiento de unas medidas adicionales a fin de conseguir que las dosis recibidas por los trabajadores sean lo más bajas posibles y siempre inferiores a los límites legalmente establecidos.

Planificación de tareas

Para la elaboración del procedimiento de planificación de tareas para trabajos de gammagrafía tipo móvil, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- En el organigrama de la instalación se establecerá el personal responsable de llevar a cabo las tareas de planificación.
- Siempre que sea posible los trabajos se realizarán en una instalación de gammagrafía fija.
- Se clasificarán los distintos trabajos en función del riesgo radiológico que presenten, para lo cual se tendrá en cuenta tanto el tipo de fuente: Ir-192, Se-75..., como las condiciones en las que se desarrollará la operación (taller, zanja, montaje...).
- La previsión de dosis se puede realizar asociando los valores de que se disponga a partir de los datos reales obtenidos en la experiencia operativa para cada uno de los tipos de trabajo.

- En el parte de trabajo que el responsable de planificación entregue al operador, constará la previsión de dosis así como las medidas de protección radiológica a aplicar.
- El responsable de la realización de la planificación, deberá contrastar los valores de dosis recibidos frente a los planificados, incluyendo las actuaciones a realizar en función de la desviación resultante.

Para elaborar este procedimiento se puede tomar como modelo el documento elaborado en el Foro Industrial “Procedimiento para la planificación de trabajos de radiografía en campo”, disponible en la página web del CSN (www.csn.es).

Control de dosis

El procedimiento para el control de las dosis que reciban los operadores y ayudantes, incorporará unos niveles de dosis de referencia, que estarán por debajo de los límites de dosis recogidos en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes y cuyo fin es poder tomar las acciones necesarias antes que se alcancen los límites. Estos niveles de dosis que sirven como niveles de investigación para exposiciones inusuales, incluirán valores máximos de dosis diaria, mensual y por ejemplo trimestral. Como criterios para el establecimiento de dichos niveles se consideran:

- Los niveles de investigación serán iguales o inferiores a 100 $\mu\text{Sv}/\text{día}$ y 2 mSv/mes .
- De los datos que dispone este CSN por la experiencia operativa a nivel nacional, se considera que efectuando una correcta planificación de los trabajos, disponiendo de trabajadores con una formación adecuada y con los medios de protección idóneos, no estaría justificado que se recibieran dosis anuales superiores a 9 mSv .

Procedimiento de inspección en obra

Con el objetivo de comprobar que las operaciones se realizan según los procedimientos establecidos, se desarrollará un procedimiento de inspección en obra. Como criterios a tener en cuenta en su elaboración:

- Un supervisor u operador responsable efectuará las inspecciones sobre las operaciones realizadas por operadores y ayudantes.
- La frecuencia de las inspecciones no superará 6 meses. Además se asegurará que en el caso de un operador o ayudante que no haya participado en una operación de gammagrafía en

un periodo superior a 3 meses, la nueva operación que realice será observada por un supervisor.

- Se llevarán registros de las inspecciones donde al menos conste el personal inspeccionado, el que efectúa la inspección, resultados y acciones correctoras.
- El procedimiento incluirá una lista de chequeo, con los puntos concretos a inspeccionar, que como mínimo debe incluir:
 - Trabajo a realizar por el operador conforme a la planificación que porte.
 - Personal inspeccionado (operador/ayudante).
 - Equipo adecuado para el trabajo (actividad de la fuente, estado de las mangueras y telemandos, tablas para cálculo del tiempo de exposición).
 - Medios y material de protección de que dispone el operador (estado).
 - Medios de vigilancia radiológica (TLD, DLD, radiómetro).
 - Seguimiento de los procedimientos por parte de los operadores y ayudantes (acotación, señalización y vigilancia de zonas).
 - Anotaciones en el Diario de Operación (dosis operacional, nº exposiciones, incidencias, etc.).
 - Transporte (señalización, documentación).
 - Almacenamiento en obra.
 - Medios para actuación en caso de emergencia.
 - Recomendaciones, comentarios, desviaciones y observaciones por parte del supervisor sobre las actuaciones de los operadores/ayudantes inspeccionados.
 - Firma del responsable que efectúa la inspección, así como del operador/ayudante que haya intervenido.
 - Incluirá las medidas a adoptar por parte del responsable de PR en caso de la observación de discrepancias durante las inspecciones.

Normas de transporte del material radiactivo

El transporte del material radiactivo se habrá de realizar siguiendo normas y procedimientos con los que se dé cumplimiento a la legislación específica dentro de cada modalidad de transporte. A continuación se destacan los principales aspectos para el transporte por carretera, por ser la modalidad más utilizada.

El transporte por carretera de equipos que incorporan material radiactivo debe realizarse de acuerdo con lo establecido para la Clase 7 en el *Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera* (ADR) (3). Por tanto, las normas que se recojan en el Reglamento de Funcionamiento y en el Plan de Emergencia relativas a este tema serán extraídas o se basarán en lo tratado en ese Reglamento. A continuación se señalan los puntos más importantes a considerar y se referencia su tratamiento en el ADR.

Para el caso de los gammágrafos, dadas las actividades e isótopos que incorporan, su transporte debe ajustarse a los requisitos recogidos en la ficha correspondiente del ADR.

Los requisitos definidos en las fichas se refieren, entre otras, a las siguientes materias:

- Embalaje.
- Intensidad máxima de radiación en los bultos.
- Carga en común con otras mercancías.
- Señalización y etiquetado de bultos y vehículos.
- Documentación de acompañamiento (cartas de porte).
- Almacenamiento en tránsito y recorrido.
- Condiciones de transporte.

En relación con los vehículos, cabe destacar lo recogido sobre el equipamiento que deben llevar y sobre la vigilancia durante su estacionamiento.

Asimismo, es destacable lo aplicable a las normas de circulación y actuación en caso de accidente o avería.

Se deberá designar un “consejero de seguridad” acreditado para el transporte de material radiactivo.

Los conductores de los vehículos deberán estar en posesión de un certificado para la conducción, expedido por la correspondiente Jefatura Provincial de Tráfico.

Además de todo lo anteriormente expuesto, se considera muy importante destacar, para el caso concreto del transporte de gammágrafos, que antes de su inicio se deberá comprobar que el material radiactivo se encuentra en la posición de almacenamiento. Asimismo, el gammógrafo se colocará en el lugar más alejado posible al ocupado por el personal en el vehículo y, si es posible, rodeado de material de blindaje para reducir las dosis. Además, se fijará con la seguridad suficiente a fin de evitar el movimiento del mismo.

Pruebas, verificaciones y mantenimiento de instalaciones, equipos y accesorios

Tanto el gammógrafo (contenedor) como el telemando, deben ser revisados por un servicio de asistencia técnica autorizado. Además de esas revisiones se llevarán a cabo en la instalación verificaciones básicas sobre el estado y funcionamiento de los equipos, telemandos y mangueras, que permitan un seguimiento más continuo.

Estas verificaciones deben hacerse con frecuencia; muchas de ellas deben llevarse a cabo antes de empezar a trabajar con los equipos. Entre estas verificaciones pueden considerarse las siguientes:

- Sistemas de seguridad de las instalaciones (señalizaciones en los búnkeres, enclavamientos, sistemas parada de emergencia, etc.), considerando que en caso de búnker propio el periodo máximo para su realización será de un año y en búnker de cliente será de tres meses. Asimismo, antes del inicio de las actividades se medirán los niveles de radiación en el exterior del búnker y se verificarán sus dispositivos de seguridad. Se llevará un registro de los resultados de las verificaciones y medidas efectuadas.
- Gammógrafo (contenedor):
 - Comprobación de su estado externo (golpes o abolladuras).
 - Señalizaciones y marcas o etiquetas.
 - Funcionamiento de la cerradura de los elementos de cierre y seguridad y del anillo selector, así como su estado de limpieza.
- Telemando:
 - Estado externo de la manguera y de su conexión con el sistema de arrastre (cortes, abolladuras).

- Funcionamiento de la manivela, y en general, del telemando.
- Estado del cable propulsor (desgaste de las muescas, suciedad).
- Funcionamiento del mecanismo de acople del telemando con el conector del gammá-grafo.
- Estado del sistema de enganche telemando-portafuentes (utilización de los sistemas de galga adecuados).
- Mangueras de salida (tubos-guías):
 - Estado externo y de las conexiones al gammá-grafo así como las conexiones intermedias entre mangueras.
 - Estado del canal interno de la manguera (comprobación de que la fuente no tendrá impedimentos en sus movimientos).
 - Estado del extremo focal y de su acoplamiento a la manguera.
- En el caso de los equipos tipo “Crawler” también se establecerán las verificaciones a realizar en la propia instalación.

Se dispondrá de un procedimiento a seguir para cuando se detecte un mal funcionamiento de los equipos radiactivos, sus accesorios, en el sistema de arrastre o en el de control en los equipos tipo “Crawler”.

Formación y entrenamiento del personal

Para la elaboración del procedimiento de formación y entrenamiento se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Los cursillos de formación deberán realizarse cada dos años como máximo.
- Podrán ser impartidos por el supervisor de la instalación radiactiva.
- Incluirán sesiones relativas al contenido del Reglamento de Funcionamiento y Plan de Emergencia de la instalación, incluyendo simulacros de emergencia.

- Incluirá los registros a efectuar sobre: programas impartidos, contenidos y asistentes a los mismos.

Para la elaboración del programa de formación puede seguirse el documento elaborado en el Foro Industrial al respecto, disponible en la página web del CSN (www.csn.es).

Como ayuda para los cursos de formación en lo relativo a incidentes, puede utilizarse el video también disponible en la página web del CSN.

Anexo C Plan de Emergencia Interior (PEI)

El contenido del PEI aparece definido en el artículo 38.e) del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Este documento deberá acompañar, de acuerdo con lo dispuesto en sus artículos 38 y 40, a todas las solicitudes de autorización de funcionamiento o de cambios y modificaciones de las instalaciones radiactivas.

Deberán disponer de un procedimiento para la modificación, aprobación y divulgación del PEI, al personal de la instalación.

Para su elaboración se tendrán en cuenta las recomendaciones incluidas en la Guía de Seguridad GS-07.10 Plan de Emergencia Interior en Instalaciones Radiactivas (17):

- Se identificarán con precisión los accidentes o incidentes previsibles.
- Se deberán considerar como mínimo: la imposibilidad de retraer la fuente radiactiva al interior del equipo de gammagrafía; la desconexión de la fuente del cable propulsor de dicho equipo; el accidente durante el transporte por carretera de los gammágrafos; el robo o pérdida de alguno de los equipos radiactivos y los accidentes catastróficos (incendio, derrumbe, etc.) que pudieran afectar al recinto de almacenamiento de los mencionados equipos. En el caso de los equipos tipo "Crawler" se deberá considerar al menos el supuesto de accidente en el transporte y otros supuestos que impliquen que la fuente no puede retornar a su posición de blindaje.
- Para todos estos supuestos se desarrollarán los procedimientos correspondientes, que incluyan las acciones a tomar para solventarlos y los medios de protección radiológica a emplear.
- Se establecerán las medidas generales de actuación y normas de protección radiológica a seguir en función de los riesgos asociados a cada una de las situaciones identificadas.
- Dichas medidas deberán tener como objetivo conseguir un control inmediato de la situación de emergencia y servir de base para que posteriormente se haga una planificación cuidadosa de las medidas específicas a adoptar en cada situación concreta.
- En el caso de los posibles accidentes durante las operaciones de gammagrafía, se incluirán distintas posibilidades de actuación para conseguir recuperar las fuentes radiactivas o llevarlas

a situación segura. Se recogerá también el equipamiento mínimo que deberán tener disponible los operadores para hacer frente a esos incidentes durante las operaciones.

- Quedará establecida inequívocamente la línea de autoridad y responsabilidad del personal de la instalación ante una emergencia.
- Se definirá para cada persona sus funciones ante los incidentes, así como las prohibiciones que afectan a cada puesto de trabajo.
- Se identificarán los datos que deben recogerse durante la emergencia para ser transmitidos a las personas y organismos competentes.
- En cuanto a la notificación e informes sobre lo ocurrido se seguirá lo dispuesto en la Instrucción IS-18 (15).
- Para la elaboración del informe de las incidencias, que debe remitir el titular al Consejo de Seguridad Nuclear, se podrá seguir la Guía de Seguridad GS-05.08 de este Organismo (12).

Medidas de actuación generales

Una primera fase importante para poder solventar una emergencia, es reconocer que se está en esta situación, lo cual no siempre es evidente. Para poder reconocer una situación de emergencia se deben utilizar adecuadamente los detectores de radiación, de forma que se puedan detectar niveles anormales de radiación, si fuera el caso, indicativos de que la fuente no está bajo control. Para el caso de que la fuente radiactiva no vuelva a su posición de blindaje, se debe medir en primer lugar en los laterales del gammágrafo y a continuación en su parte frontal, ya que en el caso de que la fuente quede en la entrada del contenedor y no alcance la posición correcta de almacenamiento, sólo se detectaría midiendo la tasa de dosis frontalmente.

Una vez reconocida la emergencia, el operador se debe alejar y pedir ayuda inmediatamente, mantener la calma y analizar la situación. Se establecerá un control de accesos a la fuente (se colocarán barreras y señalizaciones en un área considerada de acceso restringido alrededor de la fuente en exposición y se evacuará al personal que estuviera en ese área).

En el Plan de Emergencia Interior debe figurar explícitamente que el gammágrafo con la fuente radiactiva en exposición no debe quedar fuera del control visual del operador, hasta que se personen en el lugar los responsables de resolver el incidente.

A continuación, el operador deberá avisar al supervisor que figure en su procedimiento y a los responsables de la empresa para la que se está trabajando. En el procedimiento deberá figurar una lista de nombres y teléfonos a los que debe recurrir el operador involucrado en una emergencia, indicando el orden que debe seguir en cuanto a notificación y qué debe hacer en caso de no localizar a esa persona. El operador sólo podrá realizar operaciones para las que previamente ha sido entrenado.

Posteriormente se deben planificar las acciones a adoptar para la localización de la fuente y su posterior recuperación.

Como pauta a seguir, en caso de imposibilidad de retraer la fuente a su posición de seguridad, se intentará mediante el accionamiento del telemando, que se desplace al final de la manguera puntal, en caso de que esto no sea posible, para localizar la fuente se elige un punto en el que la intensidad de dosis sea aceptable, por ejemplo 1 mSv/h, y desde este punto se camina paralelamente a la manguera de salida. Las lecturas de tasa de dosis se incrementarán y decrecerán. En el punto donde la lectura sea más elevada, se encontrará aproximadamente la fuente.

Para la recuperación de la fuente se deberá disponer de herramientas apropiadas, ya que nunca se debe coger ésta con la mano.

Tan pronto como se tenga conocimiento de una situación de emergencia se deberá comunicar al Consejo de Seguridad Nuclear.

Equipamiento para solventar una emergencia

El equipamiento mínimo recomendable para solventar una situación de emergencia es el siguiente:

- Blindaje necesario para atenuar en un factor de 100 (el espesor de blindaje dependerá de la naturaleza de la fuente y del material de blindaje).
- Herramientas que permitan cortar la manguera.
- Tenaza de mango largo de al menos 1 m ó 1,5 m de longitud.

El titular de la instalación deberá facilitar a los trabajadores el material necesario para hacer frente a las emergencias.

Medidas de actuación una vez superada la emergencia

Una vez superada la situación de emergencia, se deberán llevar a cabo las siguientes actuaciones:

- Hacer un cálculo teórico de las posibles dosis recibidas por los trabajadores implicados en la situación y registrar los valores de dosis medidos por los dosímetros de lectura directa.
- Remitir el dosímetro personal (TLD) de los trabajadores involucrados en el accidente al servicio de dosimetría autorizado, para proceder a su lectura.
- En caso de superación o sospecha fundada de superación de los límites de dosis correspondientes, se deberá realizar una vigilancia sanitaria especial. Las condiciones posteriores de exposición se someterán a lo establecido por el Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores.
- Describir en el diario de operación general y en el del equipo, el incidente y las medidas que se adoptaron.

Se debe remitir al Consejo de Seguridad Nuclear un informe sobre lo ocurrido y sobre las medidas adoptadas de acuerdo a Instrucción IS-18 (15).

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 Plan de Emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1987 (Rev. 1, 2007), (32 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. 2, 2003), (64 págs.) Referencia: GSG-01.07.

1.9 Simulacros y ejercicios de emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2006), (20 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), (12 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 (Rev. 1, 2014), (42 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.

⁽¹⁾ Esta guía ha quedado sin validez al entrar en vigor el Real Decreto 1891/1991, sustituido por el RD 1085/2009.

- 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 gammagrafia industrial.
CSN, 1998 (Rev.1, 2015), (64 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.

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.
- 6.4 Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte.
CSN, 2006 (36 págs.) Referencia: GSG-06.04.
- 6.5 Guía de ayuda para la aplicación de los requisitos reglamentarios sobre transporte de material radiactivo.
CSN, 2011 (Actualizada según el ADR de 2015), (225 págs.) Referencia: GSG-06.05.

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⁾.

⁽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.

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.

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 (18 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.

⁽⁴⁾ Anulada por decisión del Pleno del CSN.

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 (36 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 evaluación del impacto radiológico de las industrias NORM.

CSN, 2012 (42 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 5.14 (Rev. 1)

Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial

Colección Guías de
Seguridad del CSN

GS.5.14-2015