

INFORME SOBRE SUCESOS NOTIFICADOS AL CSN OCURRIDOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS AÑO 2023

Elaborado por Subdirección Protección Radiológica Operacional con fecha 11.12.2023

Informado en sesión de pleno del CSN nº 1688 celebrada con fecha 10.01.2024

Índice

Contenido

1. Resumen ejecutivo.....	4
2. Objeto del informe.....	6
3. Clasificación de sucesos.....	6
4. Sucesos notificados al CSN ocurridos en IIRR en el año 2023.....	6
4.1 Clasificación según los criterios de notificación recogidos en las Instrucciones del Consejo (IS).....	8
4.2 Clasificación según la importancia para la seguridad y su carácter genérico.....	11
4.3 Clasificación por tipo de actividad.....	15
4.4 Clasificación por tipología de suceso.....	19
4.5 Clasificación por tipo de suceso.....	23
5. Descripción de los sucesos más relevantes notificados en el año 2023.....	28
5.1 Error en el funcionamiento de equipo de gammagrafía industrial (no retracción de la fuente).....	28
5.2 Equipo de medida de densidad y humedad de suelos dañado en obra.....	29
5.3 Permanencia injustificada en una sala de tratamiento de un acelerador lineal de electrones de uso médico durante la irradiación.....	30
5.4 Inundación de la instalación.....	30
6. Lecciones aprendidas y áreas de mejora.....	32
6.1 Sobre la notificación de sucesos.....	32
6.2 Causas por las que se producen sucesos en el ámbito de instalaciones radiactivas industriales.....	34
6.3 Causas por las que se producen sucesos en el ámbito de instalaciones radiactivas médicas.....	38
7. Plan de acción.....	37
Anexo I.....	39

RESUMEN EJECUTIVO

El objeto del presente informe es dar respuesta a una solicitud efectuada por las Sociedades profesionales relacionadas con las materias reguladas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) sobre la posibilidad de disponer de información sobre los sucesos ocurridos cada año en instalaciones radiactivas con fines de análisis de experiencia operativa.

El CSN dispone de un Panel de Revisión de Experiencias Operativas y Reguladoras en Instalaciones Radiactivas (PIRA) formado por especialistas del CSN en la materia que se reúne periódicamente con la finalidad de revisar tales experiencias, determinar su aplicabilidad en el ámbito español y valorar posibles actuaciones reguladoras.

El CSN informa anualmente, a través de su informe al Congreso de los Diputados y al Senado (en el apartado 4.4.6) de los sucesos que fueron notificados por los titulares de instalaciones radiactivas conforme a los requerimientos establecidos en la Instrucción IS-18 del CSN sobre los criterios para la notificación de sucesos e incidentes radiológicos. La información incluida en ese documento referencia la instalación donde se produjo el suceso, la descripción del mismo y las acciones y consecuencias, pero no se realiza un análisis en profundidad de dichos sucesos desde el punto de vista de la experiencia operativa, encaminado al aprendizaje para la mejora de las condiciones de seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas.

Realizando un análisis de las actuaciones llevadas a cabo en esta materia por parte de organismos nacionales, se ha identificado, por ejemplo, el informe que publica anualmente el Ministerio de Sanidad, y que realiza la Fundación Avedis Donavedian (Instituto Universitario-Universidad Autónoma de Barcelona) sobre el Sistema de Notificación y Aprendizaje para la Seguridad del Paciente (SiNASP). Este es un sistema de notificación y registro de incidentes y eventos de carácter general desarrollado por el Ministerio de Sanidad, con el soporte externo de dicha Fundación, como parte de su estrategia de seguridad de pacientes para el sistema nacional de salud (SNS).

En las reuniones bilaterales mantenidas entre el CSN y el Ministerio de Sanidad en el marco del protocolo general de actuación del CSN con el Ministerio de Sanidad en materia de protección radiológica (Resolución de 13 de marzo de 2023 del Consejo de Seguridad Nuclear, publicado en BOE nº. 72, de 25 de marzo de 2023) se ha identificado como un área de intercambio de información entre ambos organismos los informes de incidentes orientados a aprendizaje y mejora en las condiciones de funcionamiento de las instalaciones.

A nivel internacional también se ha identificado la existencia de diferentes plataformas para el intercambio de información en relación con incidentes ocurridos. Cabe destacar, por ejemplo:

- Escala INES del Organismo internacional de energía atómica (OIEA) <https://www.iaea.org/topics/emergency-preparedness-and-response-epr/international-nuclear-radiological-event-scale-ines> y <https://www-news.iaea.org>

- Seguridad en Oncología de las Radiaciones (SAFRON) incluye incidentes ocurridos en radioterapia y braquiterapia, y ha sido desarrollada por el OIEA <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/databases-and-learning-systems/safron>
- Sistema de información y educación en seguridad en oncología (ROSEIS) desarrollada por ESTRO <https://roseis.estro.org>
- Ionising radiation incident database operada por el Health and Safety Executive (Reino Unido), [OC 560/35: Ionising radiation incident database \(hse.gov.uk\)](https://www.hse.gov.uk/oc56035/)
- Información proporcionada en relación con los incidentes radiológicos ocurridos en instalaciones radiactivas publicada por organismos reguladores. Es el caso por ejemplo del organismo regulador griego (EEAE) <https://eeae.gr/en/info-point/radiological-and-nuclear-incidents>
- La Comisión Reguladora Nuclear de EEUU (NRC, www.nrc.gov) regula las actividades con reactores nucleares y materiales radiactivos. El sistema de notificación cuenta con numerosos informes del ámbito nuclear e industrial, y en medicina ([http://www.nrc.gov/reading-rm /colecciones-doc/estado-evento/](http://www.nrc.gov/reading-rm/colecciones-doc/estado-evento/)). La notificación es obligatoria cuando existe un riesgo sustancial para la seguridad. La difusión se realiza a través de Informes de Notificación de Eventos (<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/>)

Tras la información analizada sobre los diversos mecanismos existentes a nivel nacional e internacional para publicar los sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas reguladas y en respuesta a una necesidad identificada, tanto por profesionales en materia de protección radiológica, como organismos nacionales, se ha elaborado desde la Subdirección de Protección Radiológica Operacional el presente informe, que tiene una vocación de permanencia en el tiempo, estableciéndose la sistemática de elaborarlo con periodicidad anual.

1. INTRODUCCIÓN.

La *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*, establece los criterios que exige el CSN a los titulares de las instalaciones radiactivas, en relación con los sucesos radiológicos que tengan lugar en el ámbito de su instalación, y de los que deben informar a dicho Consejo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 73.2 b) del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

Según se establece en dicha Instrucción, todos los sucesos serán notificados a la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear (SALEM).

El análisis de los sucesos notificables es realizado en conformidad con lo establecido en el procedimiento de gestión del CSN de referencia PA.II.01. rev. 04 sobre clasificación de sucesos utilizando la Escala INES. En el caso de la Subdirección de Protección Radiológica

Operacional una vez se recibe la información remitida por el titular de la instalación, el área técnica competente lleva a cabo la evaluación del mismo, e informa al Área de Instalaciones Radiactivas Médicas (IREM), que lleva a cabo una clasificación de acuerdo a la escala INES del suceso. La Subdirección de Protección Radiológica Operacional emite una nota informativa incluyendo la descripción del suceso, las actuaciones llevadas a cabo por titular y la clasificación del mismo.

Por otra parte, los sucesos notificados, así como la información adicional recibida son incluidos en la Base de Datos de Sucesos Radiológicos (SUCRA).

El Panel de Revisión de Experiencias Operativas y Reguladoras en Instalaciones Radiactivas (PIRA), del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), analiza, entre otros, los sucesos originados en instalaciones radiactivas¹ en el ámbito nacional, con el fin de identificar las acciones correctivas/preventivas adecuadas y fortalecer el funcionamiento seguro de las instalaciones radiactivas.

A fecha 31 de diciembre de 2022 había 1.267 instalaciones radiactivas con autorización de funcionamiento (2 de primera categoría, 933 de segunda categoría y 332 de tercera categoría).

El análisis de dichos sucesos, de manera individual y en su conjunto, desde el punto de vista de experiencia operativa permite identificar debilidades que pueden dar lugar a la repetición de sucesos, o a la ocurrencia de otros nuevos; analizar las medidas correctoras llevadas a cabo por los titulares para evitar la ocurrencia de los mismos, identificar acciones correctoras que puedan ser de aplicación a otras instalaciones radiactivas.

La diseminación de los análisis y lecciones aprendidas de los incidentes ocurridos en las instalaciones radiactivas nos permitirá:

- Fortalecer la cultura de seguridad que es un parámetro que precisa de esfuerzos constantes realizados por todas las partes y actores involucrados en el sistema de protección radiológica.
- Aumentar el conocimiento por parte de los grupos de interés y de los trabajadores que utilizan en sus actividades laborales radiaciones ionizantes.
- Identificación de prácticas que deben ser evitadas.
- Presentar información sobre cómo gestionar los incidentes radiológicos.
- Propiciar el intercambio de información.

¹ Se incluyen en el ámbito de actuación del PIRA las instalaciones radiactivas con fines industriales, de investigación, comerciales y médicos, todas ellas dentro del ámbito de competencia de la Subdirección de Protección Radiológica Operacional. Quedan excluidas las instalaciones radiactivas que forman parte del ciclo de combustible.

2. OBJETO DEL INFORME.

El objeto del presente informe es llevar a cabo un análisis, desde el punto de vista de la experiencia operativa, de los sucesos notificados al CSN por los titulares de instalaciones radiactivas² durante el periodo comprendido entre el **30 de noviembre de 2022 y el 30 de noviembre de 2023**.

3. CLASIFICACIÓN DE SUCESOS.

Los sucesos se pueden clasificar siguiendo distintos criterios, en función del objeto de dicha clasificación. A continuación, se relaciona la clasificación de sucesos según la normativa de aplicación, la importancia para la seguridad o las consecuencias:

- Clasificación según los criterios de notificación recogidos en la Instrucción IS-18, de 2 de abril de 2008, del CSN sobre los criterios aplicados por el CSN para exigir, a los titulares de las instalaciones radiactivas, la notificación de sucesos e incidentes radiológicos.
- Clasificación según la importancia para la seguridad y su carácter genérico.
- Clasificación por tipo de actividad.
- Clasificación por tipología de suceso.
- Clasificación por tipo de suceso.

En el anexo I se presenta información de detalle de los criterios aplicables a tener en cuenta en función del tipo de clasificación que sea de aplicación.

4. SUCESOS NOTIFICADOS AL CSN POR INSTALACIONES RADIATIVAS EN EL AÑO 2023.

En el año 2023 han sido notificados 16 sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas de tipo industrial y médico en el ámbito nacional, lo que supone una proporción de **0,013** sucesos por instalación autorizada. El conjunto de los sucesos se reparte de la siguiente manera:

- Sucesos en instalaciones radiactivas de ámbito médico: 9.
- Sucesos en instalaciones radiactivas de ámbito industrial: 7.

Se puede realizar un análisis comparativo con los sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas de tipo médico e industrial en años anteriores a través de la información contenida en el informe anual del CSN al Congreso de los Diputados y Senado (gráfico 1).

² Se incluyen en el ámbito del presente informe las instalaciones radiactivas con fines industriales, de investigación, comerciales y médicos. Quedan excluidas las instalaciones radiactivas que forman parte del ciclo de combustible.



Gráfico 1. Sucesos en instalaciones médicas e industriales desde el año 2013 hasta el 2022. Gráfico extraído del Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2022.

Tal y como se observa en la gráfica, desde el año 2018 se venía produciendo un incremento, no muy acentuado pero constante, en el número de sucesos notificados, tanto en instalaciones médicas como industriales, (incremento interrumpido de manera puntual en el año 2020, en el que el número de sucesos notificados en instalaciones médicas fue de dos), hasta llegar a un total de 21 en el año 2022, repartidos de manera equitativa.

Si comparamos los datos del año 2023 con los de los tres años anteriores (gráfico 2), se puede identificar que se ha producido un cierto cambio de tendencia: desciende el número de sucesos, tanto en instalaciones médicas como industriales (más acentuado en estas últimas), así como el total de los mismos, que se sitúa en cómputo global en el nivel de 2021.

En relación con los datos de 2023 es necesario, no obstante, tener en cuenta que no se han computado los sucesos relacionados con la pérdida de semillas de I-125 (3 en 2023), dado que como se analizará con mayor detalle posteriormente se han clasificado como no notificables conforme a la Instrucción IS-18 del CSN

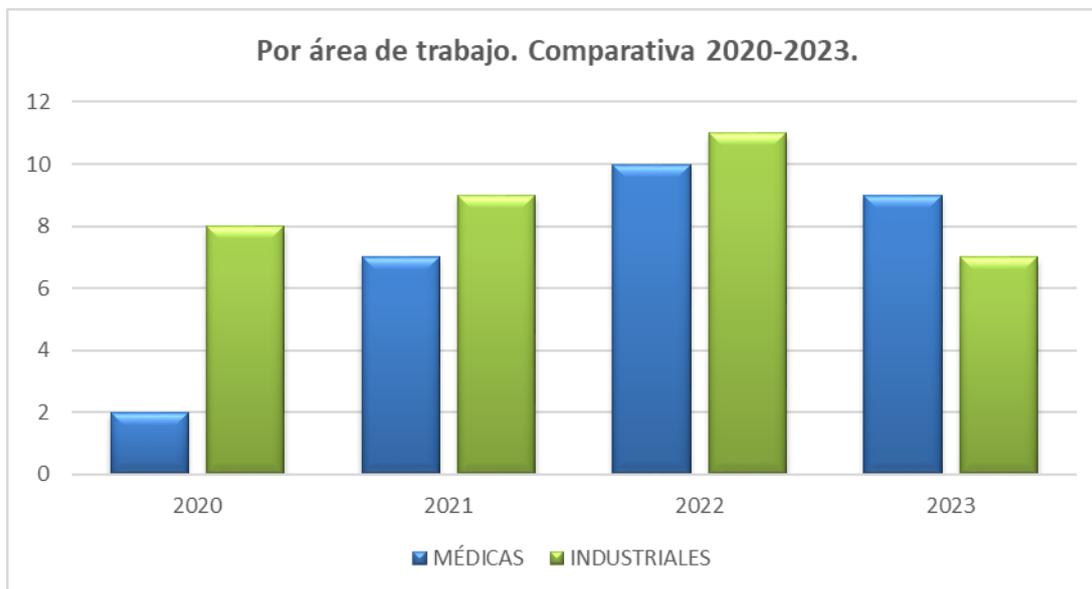


Gráfico 2. Sucesos en instalaciones médicas e industriales desde el año 2020 hasta el 2023.

A continuación, se realiza un análisis de los sucesos ocurridos en el año 2023 teniendo en cuenta los diferentes tipos de clasificación relacionados en el apartado 3.

4.1 Clasificación según los criterios de notificación recogidos en la Instrucción del Consejo (IS).

La *Instrucción del Consejo IS-18* establece, en sus apartados cuarto y quinto, los criterios para la clasificación de los sucesos notificables que tengan lugar en instalaciones radiactivas.

Según estos criterios, en el año 2023 se habrían notificado los siguientes sucesos:

Por criterio notificación IS-18	2023
NOTIFICABLE EN 1 HORA	
A. Operación	2
B. Sucesos externos	0
C. Seguridad física	
C.1. Desaparición fuentes categoría 1,2,3	0
C.2. Aparición fuentes huérfanas cat. 1,2,3	0
C.3. Sucesos C1 y C2 fuentes AA <3	0
C.4. Amenaza a seguridad física	0
NOTIFICABLE EN 24 HORAS	
A. Exposición externa y contaminación.	
A.1. Superación de límites de dosis en una sola exposición.	0
A.2. Sucesos operacionales con riesgo potencial de dosis indebida.	7
A.3. Superación de límites de dosis por exposición continuada	0
A.4. Sucesos por derrames o liberación de material radiactivo.	0
A.5. Otras exposiciones indebidas a los miembros del público.	1
B. Vertidos.	
B.1. Vertido no programado/no controlado de material radiactivo al exterior de la instalación.	0
B.2. Superación de límites de vertido de las especificaciones de la autorización.	0
C. Sistemas de seguridad.	
D. Seguridad física:	
D.1. Desaparición/aparición de fuentes radiactivas encapsuladas (no FAA).	0
D.2. Fallo de control del material radiactivo o de la seguridad física de la instalación.	0
E. Otros.	
E.1. Deficiencias de diseño, construcción... que pudieran haber afectado a la seguridad.	0
E.2. Deficiencias en operación o procedimientos que pudieran haber afectado a la seguridad.	3
E.3. Otros sucesos que pudieran tener importancia para la seguridad radiológica.	3
TOTAL	16

Tabla 1. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados en función del criterio de notificación recogido en la IS-18.

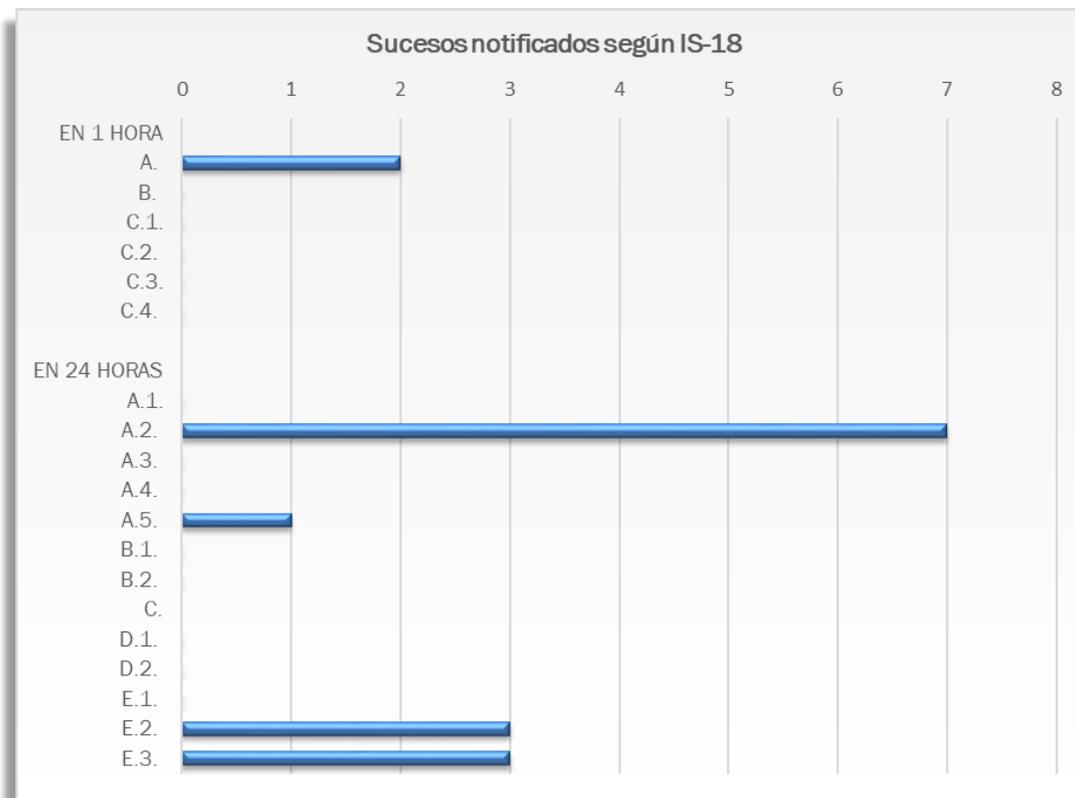


Gráfico 3. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados en función del criterio de notificación recogido en la IS-18.

Tal y como se recoge en el gráfico 3, la mayoría de los sucesos notificados en el año 2023 se encuentran dentro de los sucesos a notificar en 24 horas y, dentro de este apartado, la mayoría se agrupan en el epígrafe A.2 *Sucesos operacionales con riesgo potencial de dosis indebida* y, en menor medida, en los epígrafes E.2 *Otros sucesos relacionados con deficiencias en la actuación o procedimientos que pudieran haber afectado a la seguridad* y E.3 *Otros sucesos que pudieran tener importancia para la seguridad radiológica*.

El número de sucesos notificados según los epígrafes más generales (especialmente los que se incluyen en el apartado E. Otros) se puede justificar en base a la dificultad que se puede encontrar muchas veces a la hora de clasificar el suceso en un apartado concreto dentro de los establecidos en la Instrucción.

Los criterios establecidos en la Instrucción del CSN IS-18 permiten, a veces, clasificar algunos sucesos en dos o más apartados distintos dependiendo del juicio del evaluador. En otras ocasiones, no se identifica *a priori* de forma clara un apartado que se ajuste exactamente a los hechos que se han producido. Es por ello que, en sus notificaciones, los titulares obvian a menudo incluir un criterio para clasificar el suceso notificado.

Otro aspecto que se ha identificado es que, en ocasiones, los titulares no comprenden exactamente el contenido de la Instrucción del Consejo y la necesidad de notificar, dando como resultado la ausencia de notificación en primera instancia tras haberse producido el incidente.

Lo que sí parece claro, en principio, es el plazo disponible para la notificación de los sucesos (gracias a la clasificación en dos únicos apartados). Sin embargo, se detecta en el análisis de las notificaciones del año 2023 que los titulares de las instalaciones radiactivas donde se produjeron los sucesos no realizaron la notificación dentro del plazo correspondiente en 6 de los 16 sucesos (gráfico 4). Lo que resulta en identificar una necesidad de formación e información a los titulares de las instalaciones radiactivas sobre los requerimientos establecidos por el del CSN en esta materia.



Gráfico 4. Sucesos notificados en plazo, según la IS-18 en el año 2023.

4.2 Clasificación según la importancia para la seguridad y su carácter genérico.

El principal indicador de la importancia que tiene un determinado suceso para la seguridad y la protección radiológica es su clasificación según la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES). Si bien dicha escala va del 1 (anomalía) al 7 (accidente grave), en el ámbito de los sucesos en instalaciones radiactivas, la mayor parte de ellos son clasificados como nivel 0 (por debajo de la escala), siendo el 3 el nivel más alto que razonablemente podrían alcanzar en el peor de los casos.

Teniendo en cuenta lo anterior, en 2023 se notificaron los siguientes sucesos en base a su clasificación INES:

INES 0	13
INES 1	2
INES ≥ 2	0
NO CLASIFICADOS	1

Tabla 2. Clasificación INES de los sucesos notificados en el año 2023.

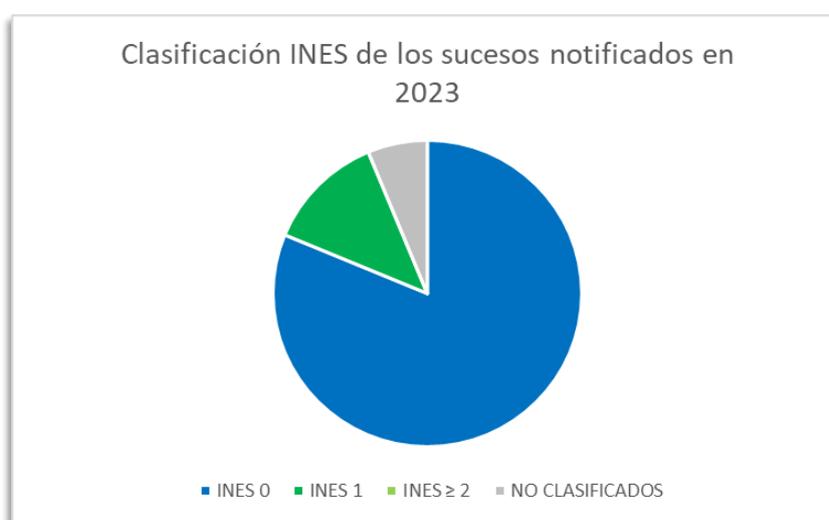


Gráfico 5. Clasificación INES de los sucesos notificados en el año 2023.

Cabe señalar que, en algunos casos, no se lleva a cabo la clasificación INES de los sucesos notificados por distintos motivos: o no es aplicable la clasificación, o no se ha considerado necesario dadas las características del suceso notificado. En el año 2023, uno de los sucesos notificados no fue clasificado según INES, ya que no le aplicaba la escala.

Si establecemos una comparación dentro de los tres últimos años, obtenemos los siguientes datos:

	2021	2022	2023	Total
INES 2 o más	1	0	0	1
INES 1	0	3	2	5
INES 0	14	15	13	42
Sin clasificar	1	3	1	5

Tabla 3. Comparativa 2021-2023 de la clasificación INES de los sucesos notificados en dicho periodo.

Se puede observar que, en los años de estudio, casi todos los sucesos han sido clasificados como INES 0 (por debajo de escala). Y que no más de dos o tres sucesos al año resultan en una clasificación superior (normalmente, INES 1 y, en tan solo una ocasión, INES 2).

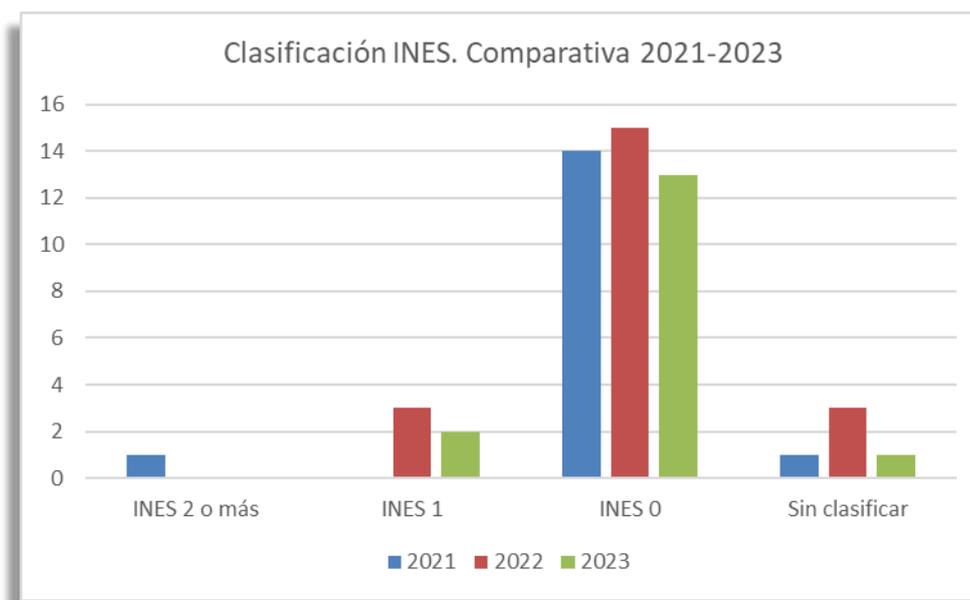


Gráfico 6. Comparativa 2021-2023 de la clasificación INES de los sucesos notificados en dicho periodo.

Por otra parte, y en relación con el análisis de los sucesos en el marco de actuación del PIRA, en el procedimiento de referencia PA.IV.23 (revisión 0), se recoge, en el apartado 5.3. *Categorías de clasificación*, los criterios de clasificación de un suceso determinado: significativo, genérico u otro (anexo I).

De los 16 sucesos notificados al CSN en año 2023 ocurridos en instalaciones radiactivas, se ha clasificado como significativos un total de 2; como genéricos, 1; y como significativo y genérico, 1. El resto se ha considerado dentro de la clasificación *Otro* que asigna el PIRA como ni significativo, ni genérico.

Así mismo, y desde el seguimiento que se realiza en el PIRA, 2 sucesos quedaron abiertos después de la revisión a la espera del envío de información adicional por parte del titular; o la implantación de las acciones acordadas.

Significativos	2
Genéricos	1
Significativos+Genéricos	1
Otro	14
Abiertos	2
Cerrados	14

Tabla 4. Clasificación de los sucesos notificados en el año 2023 dada por la revisión del PIRA.



Gráfico 7. Clasificación de los sucesos notificados en el año 2023 según el PIRA.

Si comparamos el periodo 2021-2023, obtenemos los siguientes datos:

	2021	2022	2023	Total
Significativos	1	3	2	6
Genéricos	2	4	1	7
Significativos+Genéricos	1	3	1	5
Otro	14	17	14	45
Abiertos	5	5	2	12
Cerrados	11	16	14	41

Tabla 5. Comparativa 2021-2023 de la clasificación de los sucesos notificados en el año 2023 dada por la revisión del PIRA.

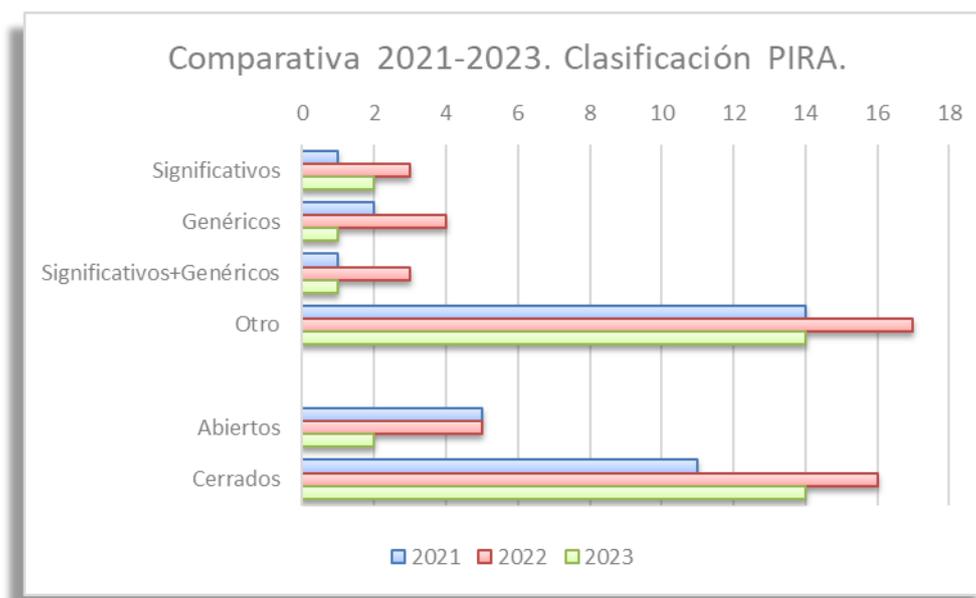


Gráfico 8. Comparativa 2021-2023 de la clasificación según el PIRA de los sucesos notificados.

Y tal y como se puede observar, los valores se mantienen bastante estables dentro del periodo estudiado, con dos o tres sucesos significativos y/o genéricos por año.

4.3 Clasificación por tipo de actividad.

Se incluye en este apartado una clasificación de los sucesos agrupados según el tipo de ámbito de control del CSN y el tipo de actividad desarrollada en la que se producen.

Tal y como se recoge en el anexo I del informe, se muestra una primera agrupación más general, en actividades industriales y médicas, y dentro de cada una, las actividades

genéricas. Los casos de incendio e inundación se consideran de manera conjunta para instalaciones radiactivas industriales y para médicas, ya que presentan aspectos comunes e independientes del tipo de instalación. Se incluye un apartado E. *Otros para sucesos de difícil clasificación* según los apartados anteriores.

El objeto de esta clasificación es identificar las actividades en las que se está produciendo un mayor y menor número de sucesos, con el fin de orientar el esfuerzo regulador hacia aquellas actividades en las que se produce un mayor número.

Los sucesos notificados en 2023 se clasifican, según esto, de la siguiente:

Por tipo de actividad	2023
<i>INDUSTRIALES</i>	
Gammagrafía industrial	2
Medida de densidad y humedad suelos	2
Control de procesos	0
<i>MÉDICAS</i>	
Producción y utilización de radionucleidos PET	2
Gestión de residuos	3
Tratamientos de radioterapia (LINAC/HDR)	2
Tratamientos con radiofármacos (I-131/Lu-177/Y-90)	1
Inundación en la instalación	2
Incendio en la instalación	1
Otros	1
TOTAL	16

Tabla 6. Clasificación de los sucesos notificados en el año 2023 según el tipo de actividad.



Gráfico 9. Clasificación de los sucesos notificados en el año 2023 según el tipo de actividad.

Tal y como se puede observar en el gráfico 9, los sucesos están bastante uniformemente repartidos entre las distintas categorías (oscilando el número de ellos entre 1 y 3, según la categoría), siendo un poco mayor el número (3) en sucesos asociados a la gestión de residuos. No obstante, la diferencia es poco significativa y no parece que pueda ser indicativa de problemas importantes de funcionamiento.

Si establecemos una comparación dentro de los tres últimos años, obtenemos los siguientes datos:

Por tipo de actividad	2021	2022	2023	Total
<i>INDUSTRIALES</i>				
Gammagrafía industrial	2	1	2	5
Medida de densidad y humedad suelos	0	1	2	3
Control de procesos	3	2	0	5
<i>MÉDICAS</i>				
Producción y utilización de radionucleidos PET	4	3	2	9
Gestión de residuos	0	1	3	4
Tratamientos de radioterapia (LINAC/HDR)	1	5	2	8
Tratamientos con radiofármacos (I-131/Lu-177/Y-90)	2	3	1	6
<i>Utilización de semillas de I-125</i>	3	2	*	5
Inundación en la instalación	0	0	2	2
Incendio en la instalación	1	1	1	3
Otros	0	2	1	3
TOTAL	16	21	16	53

Tabla 7. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados en el año 2023 clasificados según el tipo de actividad.

En el gráfico número 10 se puede observar cómo el número de sucesos por tipo de actividad se ha ido manteniendo, de forma aproximada, durante el periodo 2021-2023.

Cabe destacar que los sucesos relacionados con radionucleidos PET han ido disminuyendo progresivamente en los últimos tres años, lo que podría ser debido al factor de que se trata de una actividad relativamente nueva y en la que se ha ido ganando experiencia, con la consiguiente mejora en el funcionamiento de los equipos, procedimientos y metodologías de trabajo, formación y capacitación de los operadores.

Por otra parte, en el ámbito de la radioterapia se produjo un aumento del número de notificaciones en el año 2022, con un descenso nuevamente en el año 2023.

Hay que señalar también que, tanto en la tabla 7 como en el gráfico 10, se incluye en la comparativa de los tres años un apartado, dentro de las instalaciones radiactivas médicas, relativo a la utilización de semillas de I-125.

Hasta 2023, este tipo de suceso se había tratado como notificable, incluyéndose en el total de sucesos de años anteriores. Sin embargo, en 2023, el área de IREM, tras análisis de este tipo de suceso, consideró que dichos sucesos no se clasificarán como notificables según la Instrucción IS-18. El tipo de fuente involucrada, de categoría 5 (según la relación más habitual A/D, más de dos órdenes de magnitud por debajo del límite superior para fuentes de I-125 de dicha categoría), es decir, de riesgo radiológico despreciable, se están empleando cada vez con más frecuencia para la detección y extirpación del denominado “ganglio centinela” (cirugía radioguiada), lo que hace recomendable el seguimiento de las

incidencias que ocurren durante el desarrollo de esta actividad médica enfocada a mejora de los procedimientos, formación, etc, si bien no se considere notificable.

Es por ello que en la tabla 7 y en el gráfico 10 se incluyen valores para el número de sucesos relacionados con la utilización de semillas de I-125 en los años 2021 y 2022, y no se incluyen para el año 2023.

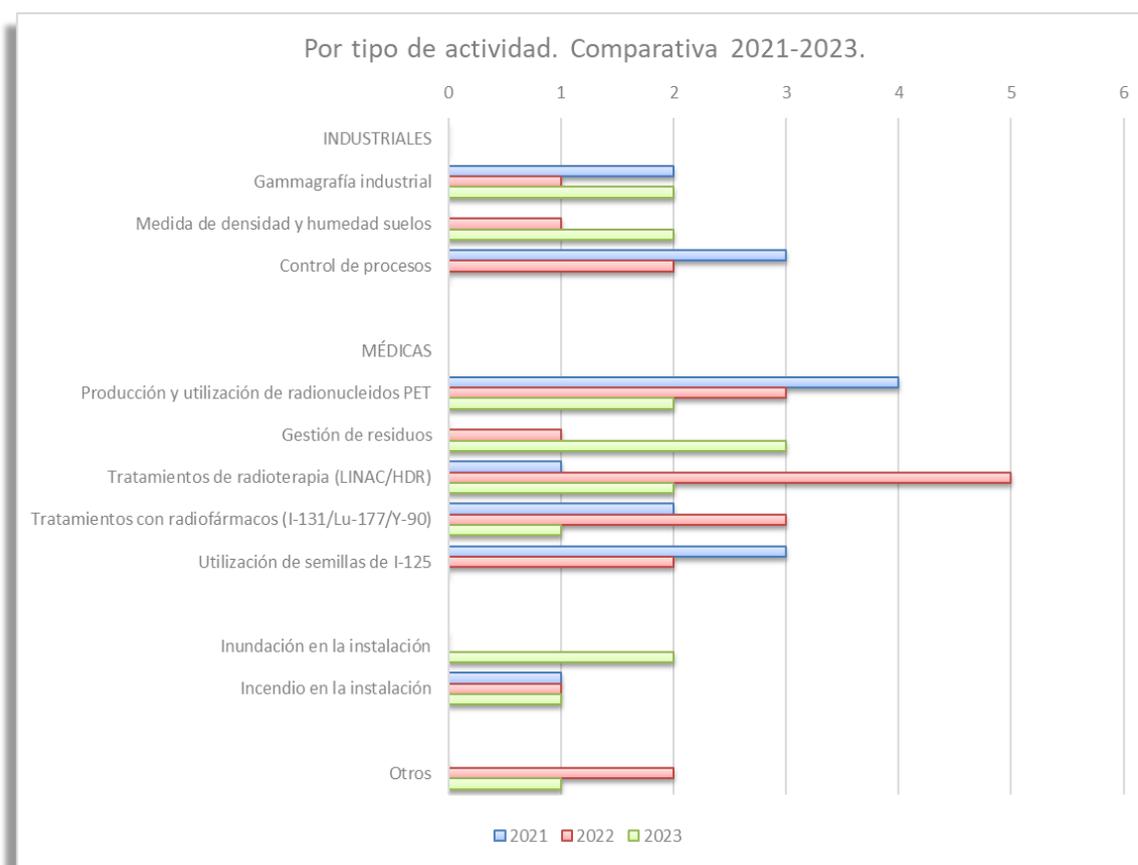


Gráfico 10. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados clasificados según el tipo de actividad.

4.4 Clasificación por tipología de suceso.

Se incluye en este apartado una clasificación de los sucesos agrupados según la tipología de suceso, es decir, sucesos que tienen características comunes en cuanto a su origen, resolución, consecuencias y medidas a adoptar.

Al igual que en el apartado anterior, se muestra una primera agrupación más general, en sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas industriales, médicas o ambas, pero el objeto

es identificar los fallos o circunstancias que intervienen en mayor medida en la ocurrencia de los sucesos para poder poner el énfasis en la prevención de los mismos.

Los datos del año 2023 son los siguientes:

Por tipología de suceso	2023
<i>INDUSTRIALES</i>	
Daño accidental de equipos	2
Robo/pérdida de equipos o material radiactivo	0
Fallos de equipos en operación	2
Fallos de operación	0
Sobreexposiciones	0
<i>MÉDICAS</i>	
Fallos de equipos en operación	1
Fallos de operación	2
Pérdida de control de material radiactivo*	3
Derrame/vertido material radiactivo	2
Contaminación personal	0
Sobreexposiciones	0
Inundación en la instalación	2
Incendio en la instalación	1
Otros	1
TOTAL	16

Tabla 8. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados según la tipología del suceso.

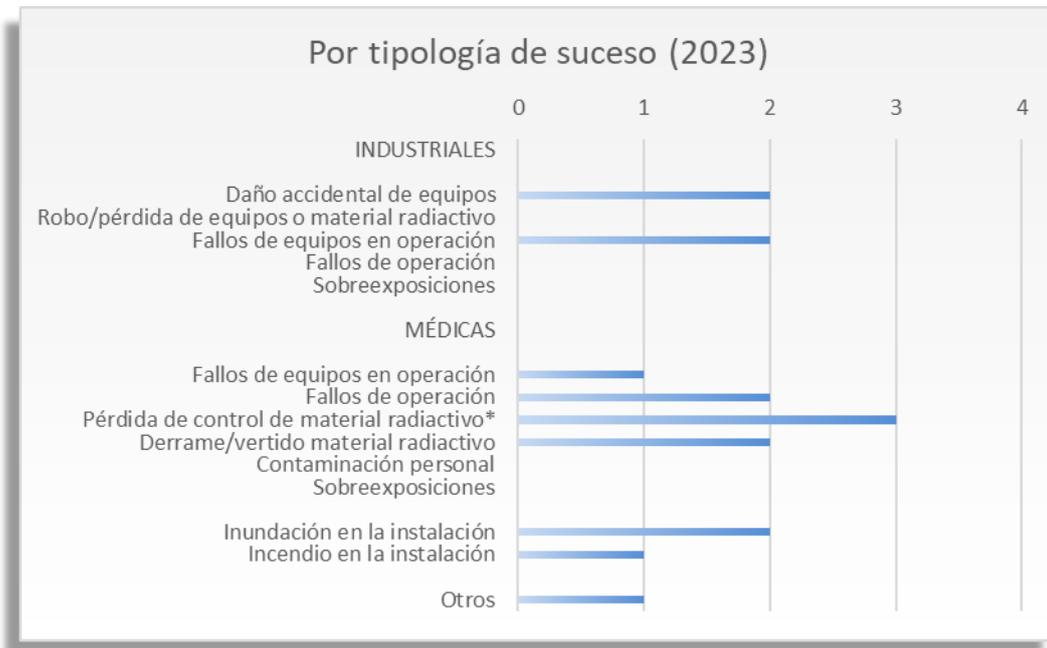


Gráfico 11. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados según la tipología del suceso.

Según esta modalidad de clasificación, se observa que, en general, los valores están entre uno y dos sucesos al año.

Si, nuevamente, establecemos una comparación dentro de los tres últimos años, obtenemos los siguientes datos:

Por tipología de suceso	2021	2022	2023	Total
INDUSTRIALES				
Daño accidental de equipos	1	2	2	5
Robo/pérdida de equipos o material radiactivo	0	2	0	2
Fallos de equipos en operación	5	0	2	7
Fallos de operación	0	3	0	3
Sobreexposiciones	1	0	0	1
MÉDICAS				
Fallos de equipos en operación	0	2	1	3
Fallos de operación	1	3	2	6
Pérdida de control de material radiactivo*	3	5	3	11
Derrame/vertido material radiactivo	2	2	2	6
Contaminación personal	2	0	0	2
Sobreexposiciones	0	0	0	0
Inundación en la instalación	0	0	2	2
Incendio en la instalación	1	1	1	3
Otros	0	1	1	2
TOTAL	16	21	16	53

Tabla 9. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados clasificados según la tipología del suceso.

Aunque se puede observar en el gráfico 12 que, en el periodo de los tres años comparados, el número de sucesos relacionados con la pérdida de control de material radiactivo es similar (oscila entre 3 y 5 sucesos al año), es importante señalar la contribución a esta categoría de los sucesos relacionados con la pérdida de semillas de I-125 en los años 2021 (3 sucesos) y 2022 (2 sucesos). Descontando su contribución se obtiene, para la categoría de pérdida de control de material radiactivo, 0 sucesos en 2021; 3 sucesos en 2022; y 3 sucesos en 2023.

Se observaba también, en el periodo de 2021 a 2022, un descenso en el caso de sucesos relacionados con fallos de equipos en operación en instalaciones radiactivas industriales (cero en el año 2022). Sin embargo, en 2023 se ha notificado nuevamente dos sucesos de este tipo, uno de ellos clasificado como INES 1, lo resulta que la acción reguladora en este ámbito de actuación debe ser constante, siendo preciso mantener todas las iniciativas ya puestas en marcha de supervisión y control, así como de comunicación y mejora de cultura de seguridad.

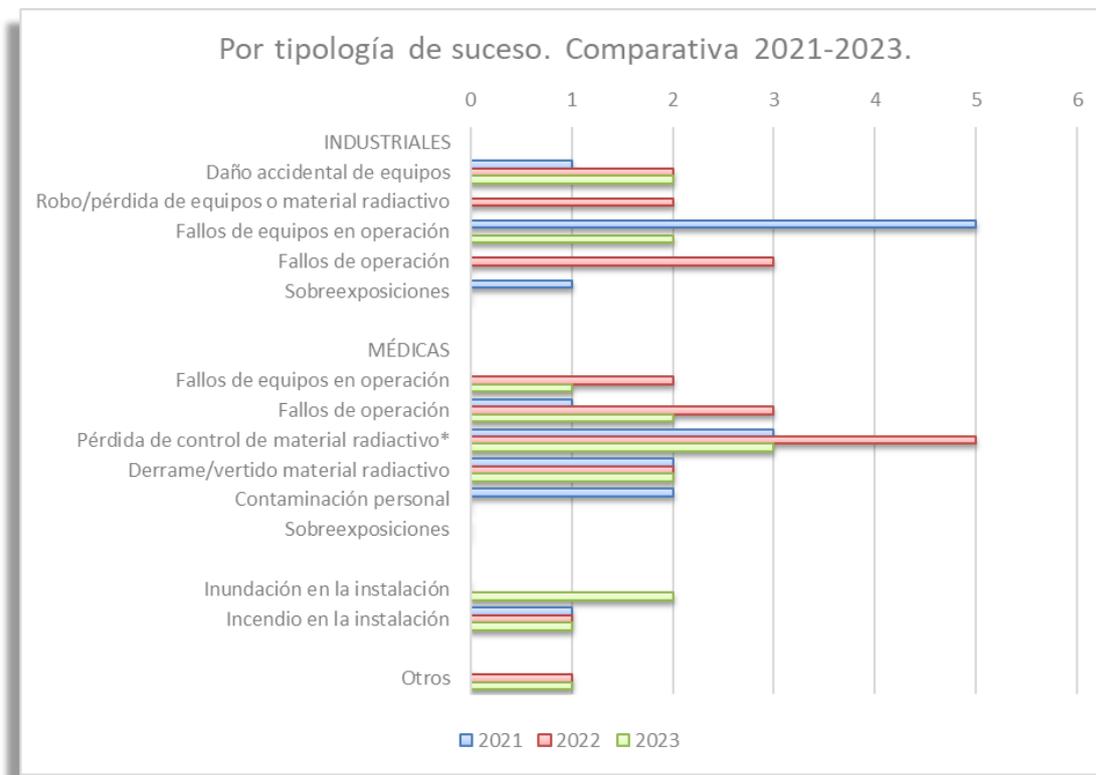


Gráfico 12. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados clasificados según la tipología del suceso.

4.5 Clasificación por tipo de suceso.

Finalmente, se incluye en esta clasificación los sucesos según el tipo particular de suceso. Esta clasificación sirve de soporte al resto de las clasificaciones.

Dado el amplio espectro de sucesos que se han producido a lo largo de los años e, incluso, los que no se han producido a nivel nacional, pero se han identificado como potenciales causas de sucesos a través de los análisis internacionales, se ha incluido entre los apartados de esta clasificación los tipos de sucesos notificados entre los años 2021 y 2023, lo que supone un compendio completo de los mismos, y permite la comparación dentro de dicho periodo.

En lo que se refiere al año 2023, los datos son los siguientes:

Por tipo de suceso	2023
Error de funcionamiento en equipo de gammagrafía industrial	2
Caída de un equipo de gammagrafía industrial	0
Equipo de medida de densidad y humedad de suelos dañado en obra	2
Robo de equipo de medida de densidad y humedad de suelos	0
Golpe en el cabezal de un equipo de una línea de producción	0
Fallo de equipo de una línea de producción	0
Pérdida de hermeticidad de un equipo de una línea de producción	0
Derrame acero líquido sobre un equipo de una línea de producción	0
Sobreexposición accidental en un equipo de gammagrafía industrial	0
Incendio en un irradiador de electrones	1
Rotura de un vial conteniendo un radionucleido PET	1
Vial de radionucleido PET sin cierre de goma	0
Gotas de radionucleido PET fuera del vial	0
Alta tasa de radiación en un equipo dispensador de radionucleido PET	1
Pérdida de hermeticidad en celda de síntesis de radiofármacos F-18-FDG	0
Pérdida de fuente de calibración de Cs-137	0
Evacuación inadvertida de residuos radiactivos	2
Entrada no justificada en la sala de tto. de un equipo HDR durante la irradiación	1
Permanencia no justificada en sala de tto. de un equipo acelerador lineal durante la irr.	1
Localización casual de una cápsula de I-131 fuera de las dependencias de la inst. de MN	1
Fuga/filtración de RRRR líquidos procedentes de ttos. con radiofármacos a balsa de contención	0
Salida no controlada de un paciente de tto. con radiofármaco I-131 fuera de la instalación	0
Vertido inadvertido de RRRR líquidos procedentes de ttos. con radiofármacos al alcantarillado	0
Contaminación de un operador en actividades con Lu-177	0
Contaminación producida por Y-90	0
Fallo en la carga de una fuente de Ir-192 en un equipo HDR	0
Fallo de la fuente de Ir-192 en un equipo HDR	0
Inundación en la instalación	2
Irradiación accidental de personas en el escáner de la AEAT en un puerto	1
Presencia de material radiactivo en producto manufacturado	0
Dispersión de RRRR en almacén de residuos	1
TOTAL	16

Tabla 10. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados según el tipo de suceso.

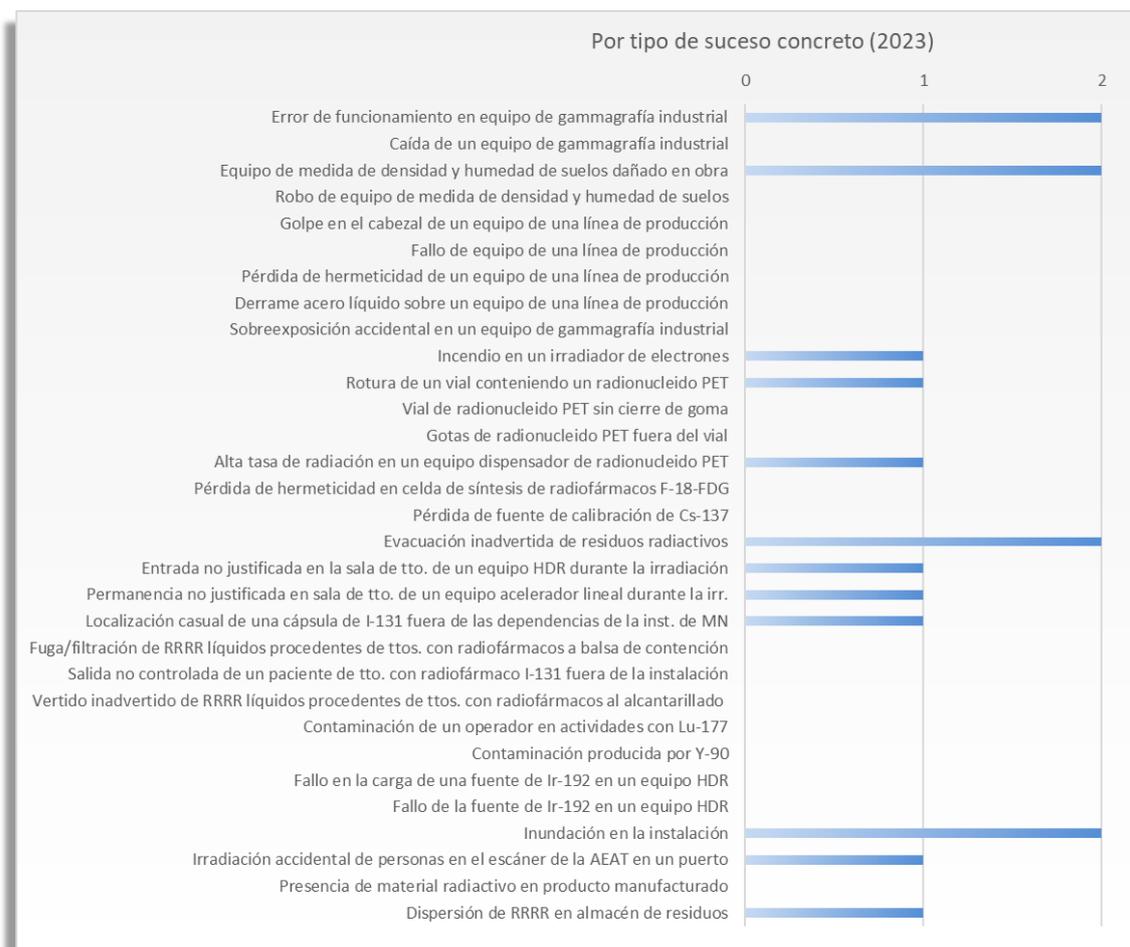


Gráfico 13. Sucesos notificados en el año 2023 clasificados según el tipo de suceso concreto.

Desglosados de esta manera, y para un número total de sucesos como los notificados en el año 2023 (16), se observa que no existe una repetición o reiteración de las causas que han motivado un suceso, excepto en los casos siguientes: el error de funcionamiento de equipos de gammagrafía industrial (2 en 2023); el daño en obra a equipos de medida de densidad y humedad de suelos (2 en 2023); la evacuación inadvertida de residuos radiactivos (2 en 2023); y la inundación de la instalación (2 en 2023).

Las características de las actividades en las que se producen, y que se señalan de manera resumida en el apartado 5 del presente informe, explican la ocurrencia de los mismos.

Si ampliamos el periodo de estudio a los dos años anteriores, se observa lo siguiente:

Por tipo de suceso	2021	2022	2023	Total
Error de funcionamiento en equipo de gammagrafía industrial	1	0	2	3
Caída de un equipo de gammagrafía industrial	0	1	0	1
Equipo de medida de densidad y humedad de suelos dañado en obra	0	0	2	2
Robo de equipo de medida de densidad y humedad de suelos	0	1	0	1
Golpe en el cabezal de un equipo de una línea de producción	0	1	0	1
Fallo de equipo de una línea de producción	1	0	0	1
Pérdida de hermeticidad de un equipo de una línea de producción	1	0	0	1
Derrame acero líquido sobre un equipo de una línea de producción	1	0	0	1
Sobreexposición accidental en un equipo de gammagrafía industrial	1	0	0	1
Incendio en un irradiador de electrones	1	1	1	3
Rotura de un vial conteniendo un radionucleido PET	1	1	1	3
Vial de radionucleido PET sin cierre de goma	0	2	0	2
Gotas de radionucleido PET fuera del vial	1	0	0	1
Alta tasa de radiación en un equipo dispensador de radionucleido PET	0	0	1	1
Pérdida de hermeticidad en celda de síntesis de radiofármacos F-18-FDG	2	0	0	2
Pérdida de fuente de calibración de Cs-137	0	1	0	1
Evacuación inadvertida de residuos radiactivos	0	1	2	3
Entrada no justificada en la sala de tto. de un equipo HDR durante la irradiación	0	0	1	1
Permanencia no justificada en sala de tto. de un equipo acelerador lineal durante la irr.	1	3	1	5
Localización casual de una cápsula de I-131 fuera de las dependencias de la inst. de MN	0	0	1	1
Fuga/filtración de RRRR líquidos procedentes de ttos. con radiofármacos a balsa de contención	0	1	0	1
Salida no controlada de un paciente de tto. con radiofármaco I-131 fuera de la instalación	0	1	0	1
Vertido inadvertido de RRRR líquidos procedentes de ttos. con radiofármacos al alcantarillado	0	1	0	1
Contaminación de un operador en actividades con Lu-177	1	0	0	1
Contaminación producida por Y-90	1	0	0	1
Fallo en la carga de una fuente de Ir-192 en un equipo HDR	0	1	0	1
Fallo de la fuente de Ir-192 en un equipo HDR	0	1	0	1
Inundación en la instalación	0	0	2	2
Irradiación accidental de personas en el escáner de la AEAT en un puerto	0	1	1	2
Presencia de material radiactivo en producto manufacturado	0	1	0	1
Dispersión de RRRR en almacén de residuos	0	0	1	1
<i>Pérdida de control de semillas de I-125 sin recuperación de las mismas</i>	3	2	*	5
TOTAL	16	21	16	53

Tabla 11. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados clasificados según el tipo de suceso concreto.

Del análisis de la tabla anterior se puede identificar que, en general, la ocurrencia de cada tipo de suceso es baja (0 o 1 por año) y, en la mayoría de los casos, no se repiten, con las siguientes excepciones:

- Tanto en el caso de los incendios en irradiadores de electrones, como en el de rotura de viales conteniendo un radionucleido PET, si bien hay un solo suceso al año, se repiten en los tres años de estudio. No son valores elevados por año, pero la repetición continuada podría requerir un análisis de la metodología de trabajo empleada y del margen de mejora en la reducción o eliminación de la ocurrencia.
- Los errores en el funcionamiento de equipos de gammagrafía industrial. Hay que tener en cuenta que estos equipos están sometidos a importantes exigencias mecánicas en su operación, lo que debería revertir en acciones por parte de los titulares para asegurar el mantenimiento adecuado de los equipos garantizando y minimizando la ocurrencia de incidentes y/o accidentes.
- La permanencia no justificada de personal en el interior de la sala de tratamiento de equipos de radioterapia durante la irradiación. Se trata de un suceso que en 2016 motivó el envío a los titulares de instalaciones de Radioterapia de una circular

informativa emitida por el CSN sobre el control de acceso a los búnkeres de radioterapia con aceleradores lineales. [Referencia CSN/CIRCULAR-5/DPR-175/SRO/2016]. En el año 2019, el CSN remitió otra circular, esta vez a los titulares de autorizaciones para la comercialización y asistencia técnica de equipos de teleterapia, informando sobre sucesos ocurridos durante la realización de actividades de mantenimiento sobre equipos aceleradores lineales médicos con irradiación accidental del personal de asistencia técnica. [Referencia CSN/SRO/CIRCULAR-3/19].

- El vertido inadvertido de residuos al exterior (residuos líquidos principalmente). Evidencia una tasa de ocurrencia muy baja si se tiene en cuenta el total de evacuaciones que son realizadas por los hospitales en cada año.

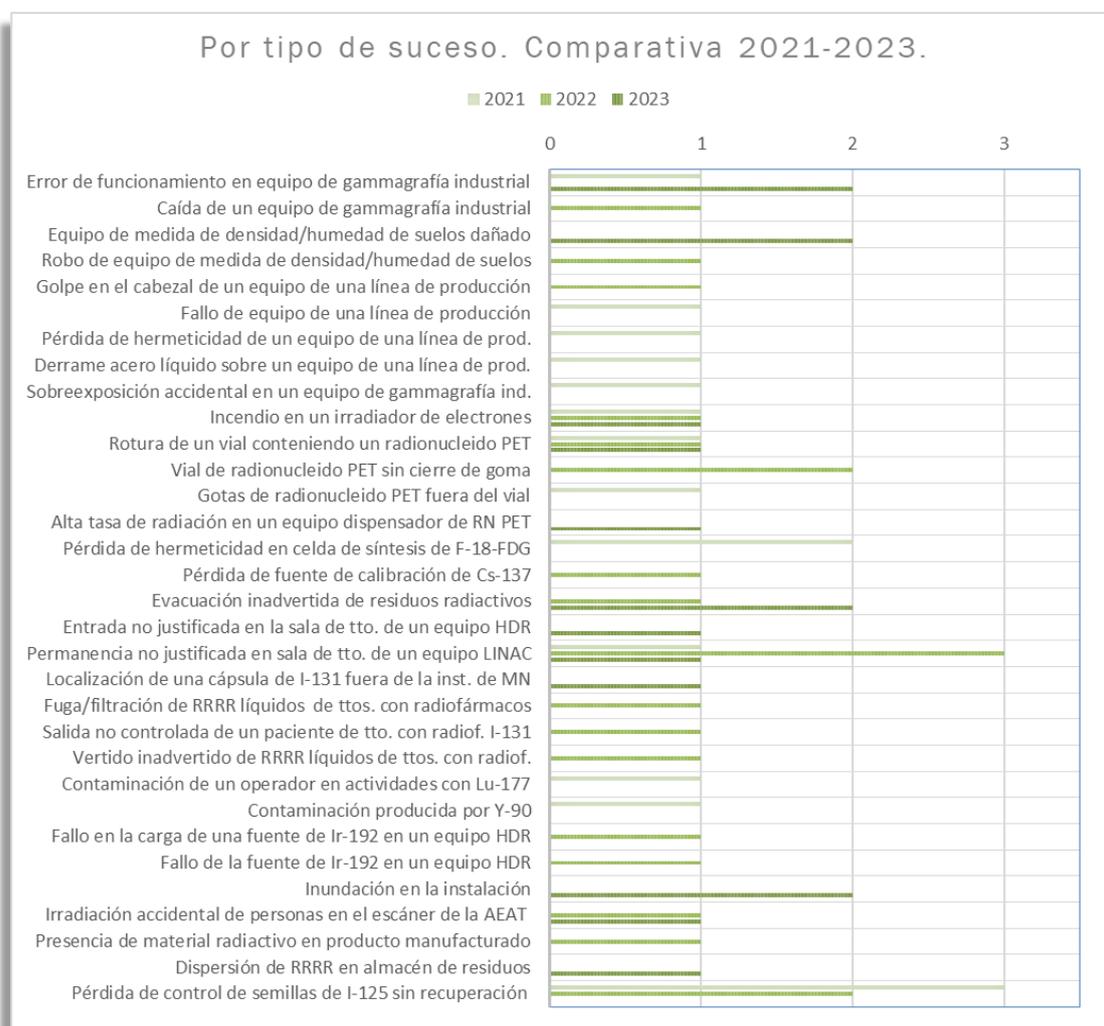


Gráfico 14. Comparativa 2021-2023 de los sucesos notificados clasificados según el tipo de suceso concreto.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS SUCESOS MÁS RELEVANTES NOTIFICADOS EN EL AÑO 2023.

Se recoge a continuación una breve descripción de los sucesos más relevantes notificados por los titulares de instalaciones radiactivas al CSN en 2023. Los sucesos incluidos a continuación se han seleccionado bien porque se trata de sucesos clasificados como INES 1 y, por tanto, significativos desde el punto de vista de la seguridad; o bien porque son sucesos que se han repetido, en el año 2023, o en los años anteriores.

- SUCESOS CLASIFICADOS COMO INES 1

5.1 Error en el funcionamiento de equipo de gammagrafía industrial (no retracción de la fuente).

En el transcurso de una intervención en obra con un equipo de gammagrafía autorizado para una fuente de Ir-192 o de Se-75 de 5,5 TBq (150 Ci) de actividad nominal máxima, se produjo la irradiación accidental del operador y su ayudante al no apercebirse de que la fuente no se había retraído completamente en el equipo.

La lectura de los dosímetros personales arrojó unas dosis de:

- Trabajador 1: Hp (0,07) = 2,42 mSv; Hp (10) = 2,47 mSv.
- Trabajador 2: Hp (0,07) = 4,38 mSv; Hp (10) = 4,50 mSv.

En ambos casos las lecturas de los dosímetros resultan en valores inferiores a los límites de dosis anuales para trabajadores expuestos.

No obstante, el suceso se clasificó como INES 1, por el criterio de defensa en profundidad, debido a que se incumplió el Reglamento de funcionamiento de la instalación (incumplimiento de los procedimientos de seguridad, entre otros, relacionados con las comprobaciones y la monitorización radiológica), si bien siguieron funcionando otros elementos de seguridad.

A este suceso, habría que añadir otro en el que, después de una exposición en un búnker con un equipo con una fuente de Ir-192 con 233,1 GBq (6,3 Ci) de actividad, al intentar retraer la fuente radiactiva al equipo se quedó la sirga atascada debido a la caída de una pieza colocada en el extremo de la manguera.

Después de intentar varias veces, de manera infructuosa, la retracción de la fuente radiactiva, se planificó una intervención de emergencia en la que se tuvo en cuenta la rotación de los participantes en dicha intervención, para distribuir las dosis resultantes de la actuación en emergencia; y la utilización de los equipos de protección disponibles: protección plomada, monitor de radiación, DLD portátiles.

El titular estima, a partir de los dosímetros de lectura directa, unas dosis entre 0,5 y 1 mSv para cada uno de los tres intervinientes en la emergencia.

En este caso, el suceso se clasificó como INES 0 porque la operación se planificó y desarrolló correctamente siguiendo lo establecido en el Plan de emergencia.

Actuaciones:

En el caso de sucesos clasificados como INES 1, como en el primer caso, se identifican normalmente carencias relacionadas con los procedimientos de trabajo, tanto documentales como de cumplimiento por parte del personal de la instalación (ya sea por desconocimiento, falta de cualificación o formación, falta de supervisión apropiada por parte de los supervisores u otros motivos), para las que el titular propone la revisión de los procedimientos, intensificación de las acciones formativas e, incluso, medidas de tipo coercitivo (sanciones económicas) para el personal que actúe de forma no acorde a lo establecido.

El CSN, en función de la gravedad de las carencias o incumplimientos; o de los compromisos presentados por el titular de la instalación para reconducir el funcionamiento de la misma y evitar repetición de los sucesos, requiere normalmente información adicional sobre el suceso que incluya un análisis detallado de las causas raíz; y una revisión adecuada de los procedimientos de trabajo y de los programas de formación. Aplicando medidas coercitivas según el caso y tras el análisis y evaluación de todas las evidencias posibles.

- **SUCESOS CLASIFICADOS COMO INES 0**

5.2 Equipo de medida de densidad y humedad de suelos dañado en obra.

En 2023 se han notificado dos sucesos de este tipo.

El tipo de equipo relacionado con el suceso está autorizado normalmente para contener dos fuentes radiactivas encapsuladas: Am-241/Be (50 mCi) y Cs-137 (10 mCi).

Su utilización sobre el terreno, en obras, hace que estén expuestos a golpes y otro tipo de incidencias mecánicas.

No obstante, el diseño de los equipos (específico para las condiciones de trabajo) hace que, normalmente (como en el caso de los dos sucesos de 2023), no se pierda la hermeticidad de las fuentes y no haya consecuencias radiológicas. Por tanto, estos sucesos suelen ser clasificados como INES 0 (por debajo de escala).

Actuaciones:

El titular guarda el equipo accidentado en condiciones de seguridad a la espera de su revisión por parte de la empresa de asistencia técnica y, si procede, su reparación para la puesta de nuevo en servicio.

La revisión de las normas de trabajo seguro en obra y el refuerzo de la formación en este sentido, son otras medidas a aplicar.

5.3 Permanencia injustificada en una sala de tratamiento de un acelerador lineal de electrones de uso médico durante la irradiación.

En 2023 solamente se ha notificado un suceso de este tipo. Sin embargo, en los tres últimos años, se ha producido en cinco ocasiones.

Este tipo de sucesos se produce cuando un operador pone en marcha el equipo acelerador lineal de electrones sin haberse percatado de que hay alguna persona todavía dentro de la sala de tratamiento.

La persona que se encuentra dentro, al detectar alguna de las señales del sistema de seguridad de la instalación que indican el inicio de la irradiación, actúa en consecuencia y, generalmente, utiliza alguno de dichos sistemas de seguridad disponible en el equipo o en la instalación. En otras ocasiones, es el propio operador desde fuera de la sala el que interrumpe la irradiación al percatarse del problema.

Las dosis que se reciben normalmente están en el orden de μSv , y la presencia de elementos de seguridad redundantes, hacen que, en general, se clasifiquen como INES 0 (por debajo de escala).

Debido a la frecuencia de ocurrencia de este tipo de sucesos, en fecha 8 de julio de 2016 se envió a los titulares de instalaciones de Radioterapia una circular informativa acerca del control de acceso a los búnkeres de radioterapia con aceleradores lineales. [Referencia CSN/CIRCULAR-5/DPR-175/SRO/2016].

Posteriormente, en noviembre de 2021, en una reunión del PIRA se valoró la posibilidad de remitir una nueva circular relacionada con este tipo de sucesos si se identifica un repunte en su ocurrencia, aspecto no evidenciado hasta el momento.

Actuaciones:

El titular realiza una estimación de la dosis que podría haber recibido la persona involucrada (reproducción del incidente para realizar medidas, cálculos teóricos...), y remite los dosímetros personales para medida de dosis a cuerpo entero de personal afectado, si se dispone de ellos, al servicio de dosimetría personal para su lectura inmediata.

Adicionalmente, lleva a cabo un análisis de la causa o causas raíz que han dado lugar al suceso y propone medidas para subsanar dichas causas, normalmente enfocadas a la revisión de procedimientos de trabajo, para corregir alguna debilidad identificada, o reforzar la formación del personal de la instalación.

5.4 Inundación de la instalación.

En 2023 se han notificado dos sucesos de este tipo, motivados en ambos casos por incidencias ajenas a la instalación: en uno de ellos, se debió a las fuertes lluvias; y en el otro, a una rotura de una tubería en las proximidades del centro sanitario.

En el primero de los casos, el fallo en el funcionamiento de una bomba de achique contribuyó al origen del suceso.

En ambos casos se activó correctamente el Plan de emergencia interior de la instalación, por lo que se clasificaron como INES 0 (por debajo de escala).

Actuaciones:

El titular activa el Plan de emergencia interior de la instalación, lo que da lugar a la intervención de los equipos de emergencia, a los que el personal de la instalación radiactiva presta apoyo en lo que se refiere a la información relevante para la seguridad y protección radiológica.

Una vez controlada la situación, el titular lleva a cabo la revisión de daños, informando de las tareas de recuperación y, posteriormente, el análisis del suceso, que puede incluir las medidas a adoptar en caso de que se haya producido el fallo de algún equipo o sistema que hubiera contribuido a la ocurrencia o agravamiento del suceso.

- SUCESOS CLASIFICADOS COMO NO NOTIFICABLES PERO EN LOS QUE SE HA OBERVADO REITERACION EN LA OCURRENCIA

5.5 Pérdida de semillas de I-125.

Este tipo de sucesos consiste en la pérdida de fuentes encapsuladas de I-125 que se utilizan como implantes para tratamientos de braquiterapia de baja tasa de dosis y, con un aumento en la implantación en los últimos años, como marcador en técnicas de cirugía radioguiada.

Las semillas, en general, tienen un tamaño de pocos milímetros de largo e inferior al milímetro de diámetro; y unas actividades de hasta alguna decena de MBq (inferior al mCi).

En el caso de su utilización como marcadores, sobre todo, el procedimiento se desarrolla de manera conjunta en varios servicios del centro sanitario (normalmente en dependencias ajenas a la instalación radiactiva autorizada) e implica la participación de muchas personas y varios desplazamientos de la o las fuentes.

Dado el elevado número de fuentes que se utilizan a lo largo del año; las reducidas dimensiones de las mismas y su baja actividad; y lo complejo del procedimiento, las probabilidades de que se pierda alguna semilla en algún paso del mismo son elevadas. No obstante, también debido a su baja actividad, las posibles implicaciones desde el punto de vista de la protección radiológica son normalmente no significativas.

En 2017 se repitió el suceso dos veces en el mismo centro sanitario en un corto periodo de tiempo. El CSN realizó una inspección reactiva a la instalación motivada por la repetición de estas incidencias. En dicha inspección se pudo constatar que en el procedimiento escrito disponible en el CSN no se incluían algunos de los pasos reales que se realizaban en la ejecución del proceso. Además, no constaba que todo el personal implicado hubiera recibido la formación adecuada a sus funciones y responsabilidades.

En el informe posterior al suceso remitido por el titular, se indicaba que se había modificado el protocolo de actuación de la técnica para evitar que se produzcan más incidentes de este tipo.

Actuaciones:

El titular remite en su informe a 30 días, normalmente, las actividades llevadas a cabo para localizar la/ semilla/s perdida/s, incluido el rastreo con un monitor de radiación de las zonas más probables donde se podría haber producido la pérdida; y la constatación de dicha pérdida. En ciertos casos se propone la revisión del procedimiento de trabajo para corregir alguna debilidad del proceso que haya identificado como consecuencia del suceso.

6. LECCIONES APRENDIDAS Y ÁREAS DE MEJORA.

Una vez analizados los sucesos notificados en el año 2023, y comparados con los de los dos años anteriores, podemos identificar las siguientes lecciones aprendidas:

6.1 Sobre la notificación de sucesos.

Se observa que, en general, los titulares de las instalaciones radiactivas notifican los incidentes o sucesos ocurridos conforme a los requisitos de plazos establecidos en la Instrucción del Consejo IS-18 *sobre notificación de sucesos e incidentes radiológicos*.

Sin embargo, se ha identificado que, en un número significativo de ocasiones, el titular de la instalación radiactiva, o el Jefe del SPR, en caso que disponga del mismo, antes de proceder a efectuar la notificación formal del suceso al CSN realiza una consulta de tipo informal con el personal de la Subdirección de Protección Radiológica Operacional para confirmar la necesidad, o no, de notificar el incidente, así como, que de forma generalizada no incluyen en el contenido de la notificación remitida al organismo el criterio de notificación que aplican.

Solo en un número limitado de ocasiones, el titular de la instalación radiactiva no notificó el suceso inicialmente, siendo preciso requerir por parte del CSN que llevara a cabo dicha acción como resultado de las actividades de supervisión y control del CSN.

Estos hechos indican que existe una debilidad en el grado de comprensión y conocimiento, por parte de los titulares de las instalaciones radiactivas, de los criterios para llevar a cabo la notificación de sucesos.

Se identifica, por tanto, **un área de mejora en relación con la información y la formación** de este colectivo, pudiéndose llevar a cabo actuaciones por parte del CSN para fortalecer estos dos pilares claves tales como:



- La emisión de circulares en las que se recuerde a los titulares de las instalaciones radiactivas, de forma clara y fácilmente comprensible, los criterios para llevar a cabo la notificación de incidentes. El objetivo de esta circular irá dirigido a:
 - o Clarificar interpretaciones.
 - o Proporcionar ejemplos prácticos de cada criterio incluido en la instrucción del CSN que favorezcan la comprensión por parte de los titulares de los mismos.

Este tipo de actuación aporta como ventajas:



Aumenta el conocimiento de los regulados y la confianza de los mismos en el CSN y en sus actuaciones en cumplimiento de su misión.



Mejora el proceso de notificación de sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas al CSN y el cumplimiento de la normativa vigente en tiempo y forma.



- La organización de jornadas monográficas orientadas a colectivos determinados, en las que se presenten los datos resultantes del análisis de los incidentes ocurridos en instalaciones radiactivas de su ámbito de aplicación, identificando tendencias, promoviendo el conocimiento de la experiencia operativa, concienciando y formando para asegurar un mejor funcionamiento de las instalaciones radiactivas



Potencia la interacción entre el CSN y sus regulados, permitiendo un intercambio fluido de información entre el organismo regulador y sus regulados.

6.2 Causas por las que se producen sucesos en el ámbito de instalaciones radiactivas industriales.

Según el resultado del análisis objeto de este informe, se observa una mayor ocurrencia de dos tipos de suceso en instalaciones radiactivas industriales:

- Errores en el funcionamiento de equipos de gammagrafía industrial (no retracción de la fuente).
- Daño en obra a equipos de medida de densidad y humedad de suelos.

En el primer caso, el CSN ha llevado a cabo en los últimos años actuaciones para minimizar la utilización de estos equipos fuera de búnkeres de irradiación, si bien siguen existiendo situaciones en las que es necesario el traslado de los equipos y su utilización fuera de dichos recintos blindados acondicionados con todas las medidas de seguridad.

Por otra parte, se identifican una serie de causas comunes que dan lugar a este tipo de sucesos y que indican directamente en la importancia de sus consecuencias las cuales se presentan en el gráfico siguiente de forma esquemática:



Realizando un análisis de estas causas se identifica:

- La existencia de fallos en la aplicación de los procedimientos de trabajo, siendo los más repetidos o reiterados; uso inadecuado del dosímetro de lectura directa, no utilización de los monitores de radiación, falta adecuada de la planificación de tareas y personal insuficiente.

- Una formación insuficiente del personal de operación para las tareas que le son encomendadas.
- Falta de supervisión y control de los operadores por parte de los supervisores.
- Inadecuado mantenimiento de los equipos.
- Exigentes condiciones de trabajo para los equipos, especialmente sobre el terreno: localizaciones complicadas, horarios nocturnos, condiciones acústicas extremas (mucho ruido), visibilidad reducida y escasa supervisión.

El seguimiento realizado de las instalaciones en situación de precariedad, así como el número de instalaciones que han solicitado la clausura, observándose un aumento tras la situación de crisis sanitaria por la COVID-19, permiten observar el impacto producido en estas empresas por situaciones de crisis económica, lo que lleva asociado una reducción de costes con un efecto asociado a la reducción de las condiciones de seguridad y protección radiológica.

El conocimiento de todas estas circunstancias por parte del personal de la SRO ha propiciado la búsqueda de soluciones reguladoras que minimicen o eviten la ocurrencia de estos incidentes tales como:



- La emisión de circulares a los titulares de las instalaciones radiactivas con equipos de gammagrafía y radiografía industrial:

En fecha 14 de junio de 2016 se envió a los titulares de las instalaciones radiactivas de gammagrafía una circular informativa sobre incidentes con equipos de gammagrafía (referencia CSN/CIRCULAR-2/DPR-138/SRO/2016), requiriendo la comunicación de los detalles del suceso a las empresas de asistencia técnica de los equipos involucrados, y la inclusión del análisis en el informe a 30 días.

En fecha 16 de octubre de 2017 se envió a los titulares de instalaciones de gammagrafía industrial una circular informativa acerca del análisis efectuado sobre la introducción de nuevos modelos de equipos de gammagrafía en el sector [Referencia CSN/CIRCULAR-6/DPR-215/SRO/17].

En fecha 29 de noviembre de 2021 se envió una circular informativa a las instalaciones radiactivas de gammagrafía. En ella se informaba a las instalaciones sobre una serie de incidentes ocurridos en los dos últimos años en el sector, y se les requería una serie de medidas al respecto, al tiempo que se informaba sobre la posición del CSN de incrementar el número de inspecciones no anunciadas en este ámbito de aplicación. [Referencia CSN/SRO/CIRCULAR-5/21].



- La emisión de una Instrucción técnica complementaria dirigida a las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial:

En fecha 15/09/2021 se remitió a todas las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial una Instrucción Técnica Complementaria, adoptada por acuerdo del Pleno del Consejo de fecha 8 de septiembre de 2021 (referencia CSN/SRO/IRIN/IRA-0000/ITC-búnker operación-01/2021), en relación con los requisitos de los sistemas de seguridad para trabajos realizados en búnker.



- La realización de inspecciones no anunciadas, tal y como se recoge en la circular de referencia CSN/SRO/CIRCULAR-5/21.



- La creación de un grupo de trabajo en el marco del FORO de Protección Radiológica en el área industrial orientado a la mejora de la cultura de seguridad en este tipo de instalaciones.

Este grupo de trabajo está compuesto por representantes del CSN, representantes de la Sociedad Española de protección radiológica y representantes de empresas representativas a nivel nacional en el campo de la gammagrafía industrial. Tiene como objetivo elaborar una guía sobre acciones de mejora de la cultura de seguridad en este tipo de instalaciones.

Adicionalmente en este grupo de trabajo ya se han llevado a cabo actuaciones orientadas a concienciar, informar y formar a los supervisores y operadores de este tipo de instalaciones sobre las lecciones aprendidas de incidentes y los daños que pueden producir a la salud mediante la impartición de seminarios, jornadas y cursos como se puede ver en la imagen adjunta debajo.



7. DAÑOS A LA SALUD Y LECCIONES APRENDIDAS DE INCIDENTES

7.1. Daños a la salud producidos por la radiación

7.2. Lecciones aprendidas de incidentes en radiografía



- Propiciar la celebración de reuniones por parte del CSN con entidades con problemas significativos de trabajo identificados en las inspecciones de supervisión y control realizadas por el organismo. Estas reuniones tienen como objetivo recordar al cuerpo directivo de este tipo de instalaciones la normativa vigente de aplicación en materia de seguridad y protección radiológica, aumentar su atención en los procesos de supervisión y control de las actividades, y solicitar la implementación planes de acción por parte de la dirección de las instalaciones radiactivas encaminados a:
 - o Que las medidas de seguridad basadas en el principio de defensa en profundidad sean prioritarias;
 - o Que se proporcione una adecuada formación del personal; se fomente la supervisión continua, por parte del titular y los supervisores, de la instalación, el equipamiento y los procedimientos de trabajo;
 - o Que se incluya la adecuada disposición de equipamiento, y la formación del personal, para situaciones de emergencia.

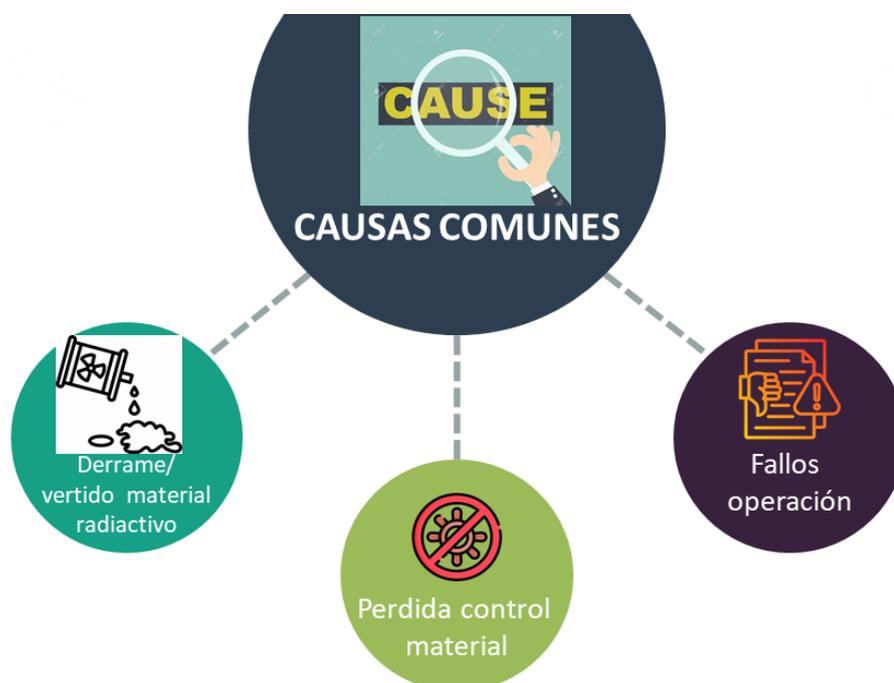
Estos planes de acción deben ser remitidos al CSN para su evaluación, con un compromiso por parte de la dirección de la instalación radiactiva de su implementación en un corto periodo de tiempo y de forma eficaz, siendo posteriormente supervisado mediante procesos de inspección por parte del organismo regulador.



- La difusión de la información relevante sobre los sucesos ocurridos en este campo de aplicación a los titulares de las instalaciones implicadas, supervisores, operadores con el fin de que lleven a cabo un análisis de aplicabilidad en sus respectivas instalaciones.

6.3 Causas por las que se producen sucesos en el ámbito de instalaciones radiactivas médicas.

Según el resultado del análisis objeto de este informe y, teniendo en cuenta tanto los datos tanto de notificaciones en 2023 como en los dos años anteriores, se identifican una serie de causas comunes que dan lugar a este tipo de sucesos y que indican directamente en la importancia de sus consecuencias las cuales se presentan en el gráfico siguiente de forma esquemática.



Realizando un análisis de estas causas se identifica:

- En cuanto a la pérdida de control de material radiactivo, se han identificado de forma repetitiva (3 sucesos en 2023). Dos de ellos están relacionados con la evacuación incorrecta de residuos radiactivos. La causa más común ha sido error humano, debido a las carencias de los procedimientos disponibles en las instalaciones, así como, la falta formación del personal llevando a cabo estas actividades.

Si bien durante los procesos de licenciamiento de las instalaciones radiactivas de ámbito medico se presta una atención especial a la existencia de programas de control de calidad adecuados, así como, programas de formación inicial y continuada, es necesario profundizar en medidas de supervisión y control que permitan mantener los niveles de seguridad en el tiempo, evitando la complacencia que se pueda dar por el hecho de que se produzca un número bajo de notificaciones, más o menos constante el tiempo, y teniendo en cuenta el elevado número de intervenciones al año que se llevan a cabo.

Para ello se debe avanzar en la búsqueda de indicadores que nos permitan identificar pequeños inicios de degradación en el proceso, o avisos de potenciales problemas (por ejemplo: actitud del personal de la instalación en relación con seguridad, conocimiento de sus responsabilidades, conocimiento de procedimientos de seguridad y emergencias, reemplazo de personal senior por personal junior de forma temporal o permanente...); e incidir en la importancia de contar con unos procedimientos adecuados y dotar al personal de la formación necesaria.

- En cuanto a los fallos de operación, se identifica como suceso más significativo la permanencia no justificada de personas en las salas de tratamiento de aceleradores lineales de uso médico durante la irradiación o funcionamiento del equipo.

Si bien en 2023 solamente se ha producido una notificación de este tipo, en el cómputo de los tres últimos años son cinco las notificaciones existentes.

En casi todos los casos se observa un incumplimiento de los procedimientos de trabajo (en especial de la comprobación de la ausencia de personas en la sala, a excepción del paciente, antes de iniciar la irradiación), que se une a carencias en la formación del personal que, en algunos casos, no sabe cómo actuar frente a una situación de emergencia.



Como acción reguladora para evitar o minimizar esta causa el CSN con fecha 8 de julio de 2016 remitió a los titulares de instalaciones de Radioterapia una circular informativa acerca del control de acceso a los búnkeres de radioterapia con aceleradores lineales. [Referencia CSN/CIRCULAR-5/DPR-175/SRO/2016].

- Finalmente, en cuanto a los sucesos notificados en relación con el derrame o vertido de material radiactivo, se identifican causas diferentes entre sí.

Por un lado, están los sucesos relacionados con el derrame de un radionucleido PET debido a la rotura del vial, por un cierre defectuoso, o a las tareas de manipulación.



Debido a la frecuencia identificada de este tipo de sucesos con anterioridad al año 2016, el CSN con fecha 14 de junio de 2016 remitió a los titulares de las instalaciones radiactivas de producción de F-18 una circular informativa sobre sucesos de rotura de viales conteniendo F-18. [Referencia CSN/CIRCULAR-3/DPR-139/SRO/2016].

Por otra parte, y en relación con el vertido incontrolado de residuos radiactivos líquidos procedentes de tratamientos de medicina nuclear de terapia con radiofármacos acaecidos en 2021 y 2022:



La SRO (IREM/INRA) está realizando un análisis de los requisitos que podrían exigirse a los sistemas de control de vertidos para que su funcionamiento sea más seguro, con el objetivo proceder a elaborar una circular dirigida a este sector e instalaciones concernidas.

7. PLAN DE ACCIÓN.

En los apartados anteriores de este informe se ha realizado un análisis detallado de los sucesos notificados por titulares de instalaciones radiactivas al CSN durante el año 2023. Así mismo, se ha realizado una comparativa de tendencias en relación a la notificación de sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas en el periodo de tiempo anterior y se ha realizado un análisis de las causas más comunes identificadas como origen de la producción de esos sucesos.

A partir de las lecciones aprendidas de este análisis en profundidad se considera necesario el establecimiento de un plan de acción que informe sobre los pasos que van a ser realizados por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional en el periodo

2024-2025 para conseguir el objetivo de mejora del funcionamiento de las instalaciones radiactivas desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica.

En la elaboración de este plan de acción que se presenta a continuación se han identificado tres focos de acción relacionados directamente con el apartado 6 de este informe:

- Actuaciones dirigidas a actuar sobre las debilidades identificadas en área de mejora de información y comunicación (acciones 1 y 6 de color naranja).
- Actuaciones dirigidas a actuar sobre áreas de mejora identificadas en instalaciones radiactivas de ámbito industrial (acciones 2 y 3 de color verde).
- Actuaciones dirigidas a actuar sobre áreas de mejora identificadas en instalaciones radiactivas de ámbito medico (acciones 4 y 5 de color azul).

El plan de acción diseñado y presentado a continuación, para el periodo 2024 a 2025, incluye objetivos definidos e indicadores que permiten hacer un constante seguimiento y evaluación del mismo.

PLAN DE ACCIÓN 2024-2025



ANEXO I

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUCESOS EN INSTALACIONES RADIATIVAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CLASIFICACIÓN.

Se incluye en este anexo los distintos criterios de clasificación de los sucesos en instalaciones radiactivas a los que se refiere el presente informe, en función de los distintos tipos de clasificación que se relacionan en el apartado 3.

1. Clasificación según los criterios de notificación recogidos en la Instrucción del CSN IS-18.

La **IS-18** establece, en sus apartados cuarto y quinto, los criterios para la clasificación de los sucesos notificables que tengan lugar en instalaciones radiactivas. No se trata de reproducir en este informe el contenido de la IS, por lo que se recoge aquí una breve referencia a cada apartado que ayude a localizar la clasificación. Para obtener información más detallada sobre cada tipo de suceso, se recomienda acudir al texto oficial de la referida Instrucción.

Se distinguen, por lo tanto, los siguientes sucesos.

- **Cuarto. Sucesos notificables con carácter inmediato (1 hora).**
 - A. Operación.
 - B. Sucesos externos.
 - C. Seguridad física.
 - 1. Desaparición (pérdida o robo) de fuentes radiactivas de categoría 1,2 o 3.
 - 2. Aparición de fuentes huérfanas de categoría 1,2 o 3.
 - 3. Sucesos mencionados en los apartados C.1 y C.2 relacionados con fuentes que no sean de categoría 1,2 o 3, pero que sean consideradas fuentes de alta actividad.
 - 4. Amenaza a la seguridad física.

- **Quinto. Sucesos notificables como máximo en 24 horas.**
 - A. Exposición externa y contaminación.
 - 1. Dosis por irradiación externa o interna que sobrepasaría, en una exposición única, los límites de dosis establecidos en la legislación española.
 - 2. Sucesos operacionales en los que exista un riesgo potencial de recibir una dosis indebida.
 - 3. Cualquier circunstancia en la que el titular estime que un trabajador ha podido superar, debido a exposiciones acumuladas, los límites reglamentarios.

4. Sucesos por derrames o liberación de material radiactivo.
 5. Cualquier otro suceso no recogido en los puntos anteriores y que pudiera dar lugar, a juicio del titular, a exposiciones indebidas a los miembros del público.
- B. Vertidos.
1. Cualquier vertido no programado o no controlado de material radiactivo al exterior de la instalación.
 2. Superación de límites de vertido de las especificaciones de la autorización de la instalación.
- C. Sistemas de seguridad.
- D. Seguridad física:
1. Desaparición (pérdida o robo) de fuentes radiactivas encapsuladas o aparición de fuentes huérfanas, de categoría 4, y no encapsuladas, siempre y cuando no sean consideradas fuentes de alta actividad.
 2. Cualquier suceso en el que el titular estime que se ha producido un fallo de control del material radiactivo o de los medios que garantizan la seguridad física de la instalación.
- E. Otros.
1. Descubrimiento de deficiencias de diseño, construcción, montaje, operación, mantenimiento, o cualquier otra circunstancia, cuando pudiera haber impedido el cumplimiento de la función de seguridad de estructuras, sistemas o componentes de seguridad.
 2. Descubrimiento de deficiencias en la actuación del personal de la instalación o en los procedimientos de operación cuando pudiera haber impedido el cumplimiento de la función de seguridad de estructuras, sistemas o componentes de seguridad.
 3. Cualquier otro suceso no recogido en los puntos anteriores y que pudiera tener, a juicio del titular, importancia para la seguridad radiológica.

2. Clasificación según la importancia para la seguridad y su carácter genérico.

Tal y como se recoge en el apartado 4.2 del presente informe, el principal indicador de la importancia que tiene un determinado suceso para la seguridad y la protección radiológica es su clasificación según la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES). Si bien dicha escala va del 1 (anomalía) al 7 (accidente grave), en el ámbito de los sucesos en instalaciones radiactivas, la mayor parte de ellos son clasificados como nivel 0/por debajo de la escala, siendo el 3 el nivel más alto que razonablemente podrían alcanzar en el peor de los casos.

Los criterios sobre la clasificación INES se pueden consultar en el documento “*INES. Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos. Manual del usuario. Edición de 2008.* [disponible en:

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES-2008-S_web.pdf

Por otro lado, y en relación con el análisis de los sucesos en el marco de actuación del PIRA, en el procedimiento de referencia PA.IV.23 (revisión 0), se recoge, en el apartado 5.3. Categorías de clasificación, los criterios de clasificación de un suceso determinado, que son:

A. Suceso significativo.

Suceso cuya importancia para la seguridad es alta. Se considera que el suceso tiene una importancia para la seguridad alta si tiene una clasificación INES mayor que cero.

B. Suceso genérico.

Se considera que un suceso es genérico si:

- i. revela un mecanismo de fallo desconocido hasta el momento que podría dar lugar a sucesos significativos en otras instalaciones o en otras circunstancias.
- ii. ocurre por causas demasiado frecuentes en distintas instalaciones, y en otras circunstancias podrían causar un suceso cuyas consecuencias podrían sobrepasar un límite reglamentario.

Según esto, un suceso puede ser clasificado como Significativo, Genérico, Significativo y Genérico, o ninguno de los dos.

3. Clasificación por tipo de actividad.

Se incluye en este apartado una clasificación de los sucesos agrupados según el tipo el ámbito de control del CSN y el tipo de actividad desarrollada en la que se producen.

Se muestra una primera agrupación más general, en actividades industriales y médicas, y dentro de cada una, las actividades genéricas. Los casos de incendio e inundación se consideran de manera conjunta para instalaciones radiactivas industriales y para médicas, ya que presentan aspectos comunes e independientes del tipo de instalación. Se incluye un apartado E. Otros para sucesos de difícil clasificación según los apartados anteriores.

El objeto de esta clasificación es identificar actividades en las que se están produciendo menos sucesos, para aumentar el control sobre aquellas en las que se produce un mayor número de ellos.

A. Industriales.

- a. Gammagrafía industrial: incluye sucesos de errores de funcionamiento de equipos, caída de equipos, exposiciones accidentales.

- b. Medida de densidad y humedad de suelos: incluye daños producidos en equipos, robo de equipos.
- c. Control de procesos: incluye daños a los equipos, fallos en el funcionamiento de los mismos, pérdida de hermeticidad de fuentes.

B. Médicas.

- a. Producción y utilización de radionucleidos PET: incluye roturas de viales, viales con cierre no hermético, derrames de radionucleidos, errores de funcionamiento de sistemas con resultado de alta tasa, errores en el funcionamiento de los equipos de producción.
- b. Gestión de residuos: incluye la evacuación inadvertida de residuos.
- c. Tratamientos de radioterapia (LINAC/HDR): incluye la permanencia injustificada en la sala de tratamiento durante la irradiación.
- d. Tratamientos con radiofármacos (I-131/Lu-177/Y-90): incluye la pérdida de control del material radiactivo (fuga de residuos, sucesos relacionados con la pérdida de control del paciente o de la fuente).
- e. *Utilización de semillas de I-125: incluye la pérdida de semillas sin recuperación posterior. **

C. Inundación en la instalación.³

D. Incendio en la instalación.

- E. Otros:** se incluye en este apartado los sucesos que no se ajustan a ningún otro apartado de la clasificación.

4. Clasificación por tipología de suceso

Se incluye en este apartado una clasificación de los sucesos agrupados según la tipología de suceso, es decir, sucesos que tienen características comunes en cuanto a su origen, resolución, consecuencias y medidas a adoptar.

Al igual que en el apartado anterior, se muestra una primera agrupación más general, en sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas industriales, médicas o ambas, pero el objeto es identificar los fallos o acontecimientos que intervienen en mayor medida en la ocurrencia de los sucesos para poder poner una mayor atención a la prevención de los mismos.

Por lo tanto:

A. Industriales.

- a. Daño accidental de equipos: incluye todos los equipos que se utilizan en instalaciones radiactivas industriales.

³ Inundaciones e incendios incluyen IRAS industriales y médicas.

- b. Robo/pérdida de equipos o material radiactivo: incluye todos los equipos que se utilizan en instalaciones radiactivas industriales.
- c. Fallos de equipos en operación: incluye errores en los equipos no ocasionados por el daño accidental de los mismos.
- d. Fallos de operación: incluye posibles sobreexposiciones debidas a un incorrecto seguimiento de los procedimientos.
- e. Sobreexposiciones.

B. Médicas.

- a. Fallos de equipos en operación; incluye, por ejemplo, el no retorno de la fuente de un equipo de braquiterapia, o el no funcionamiento de un sistema de seguridad que da origen a un suceso.
- b. Fallos de operación; incluye, por ejemplo, la permanencia injustificada de personas en las salas de tratamiento durante la irradiación, debido a un incorrecto seguimiento de los procedimientos establecidos.
- c. Pérdida de control de material radiactivo; incluye la pérdida de control de semillas de I-125, o de cualquier otro radionucleido.
- d. Derrame/vertido de material radiactivo: incluye, por ejemplo, sucesos en los que una rotura de un vial de F18 propicia el derrame de su contenido, con la correspondiente contaminación. (*Gráficas y tablas se referencia con F-18*)
- e. Contaminación personal: incluye sucesos en los que se produce una contaminación del personal que maneja radionucleidos no encapsulados.
- f. Sobreexposiciones.

C. Inundación en la instalación.⁴

D. Incendio en la instalación.

- E. Otros:** se incluye en este apartado los sucesos que no se ajustan a ningún otro apartado de la clasificación.

5. Clasificación por tipo de suceso.

Finalmente, se incluye en esta clasificación los sucesos según el tipo concreto de suceso. Esta clasificación sirve de soporte al resto de las clasificaciones.

Dado el amplio espectro de sucesos que se han producido a lo largo de los años e, incluso, los que no se han producido, pero podrían hacerlo, se ha incluido entre los apartados de esta clasificación los tipos de sucesos notificados entre los años 2021 y 2023, lo que supone

⁴ Inundaciones e incendios incluyen IRAS industriales y médicas.

un compendio bastante completo de los mismos, y permite la comparación dentro de dicho periodo.

Los distintos tipos de sucesos considerados son:

1. *Error funcionamiento en un equipo de gammagrafía industrial.*
2. *Caída de un equipo de gammagrafía industrial.*
3. *Equipo de medida de densidad y humedad de suelos dañado en obra.*
4. *Robo de equipo de medida de densidad y humedad de suelos.*
5. *Golpe en el cabezal de un equipo de una línea de producción.*
6. *Fallo de equipo de una línea de producción.*
7. *Pérdida de hermeticidad de un equipo de una línea de producción.*
8. *Derrame de acero líquido sobre un equipo de una línea de producción.*
9. *Sobreeposición accidental en un equipo de gammagrafía industrial.*
10. *Incendio en un irradiador de electrones.*
11. *Rotura de un vial conteniendo un radionucleido PET.*
12. *Vial de radionucleido PET sin cierre de goma.*
13. *Gotas de radionucleido PET fuera del vial.*
14. *Alta tasa de radiación en un equipo dispensador de radionucleido PET.*
15. *Pérdida de hermeticidad en celda de síntesis de radiofármacos F-18-FDG.*
16. *Pérdida de fuente de calibración de Cs-137*
17. *Evacuación inadvertida de residuos radiactivos.*
18. *Entrada no justificada de personal de mantenimiento en la sala de tratamiento de un equipo HDR durante la irradiación.*
19. *Permanencia no justificada de una persona en una sala de tratamiento de un equipo acelerador lineal de electrones, durante la irradiación.*
20. *Localización casual de una cápsula de I-131 fuera de las dependencias de la instalación de medicina nuclear.*
21. *Fuga o filtración de residuos radiactivos líquidos procedentes de tratamientos con radiofármacos a la balsa de contención.*
22. *Salida no controlada de un paciente sometido a tratamiento con radiofármaco I-131 fuera de las dependencias de la instalación.*
23. *Vertido inadvertido de residuos radiactivos líquidos procedentes de tratamientos con radiofármacos (Lu-177) al alcantarillado público.*
24. *Contaminación de un operador en actividades con Lu-177.*
25. *Contaminación producida por Y-90.*
26. *Fallo en la carga de una fuente de Ir-192 en un equipo HDR.*
27. *Fallo de la fuente de Ir-192 en un equipo HDR.*
28. *Inundación de la instalación.*

- 29. Irradiación accidental de personas en el escáner de la AEAT en un puerto.*
- 30. Presencia de material radiactivo en producto manufacturado. (Por ejemplo, bolas de circonio para uso industrial con valores de tasa de dosis superior al fondo industrial)*
- 31. Dispersión de residuos radiactivos en almacén de residuos.*
- 32. Pérdida de control de semillas de I-125 sin recuperación posterior de las mismas. **