

Plan de Emergencia Interior

Carmen Álvarez García y Natividad Ferrer García

Para la obtención de las autorizaciones preceptivas de la explotación o funcionamiento de una instalación nuclear o radiactiva, los solicitantes de éstas deben elaborar y presentar, entre otros documentos preceptivos, un Plan de Emergencia Interior (PEI) que se aprobará al concederse dichas autorizaciones.

El PEI debe detallar las medidas prevista por el titular de la instalación y la asignación de responsabilidades para hacer frente a las condiciones de accidente; con objeto de mitigar sus consecuencias, proteger al personal de la instalación, al público en general y el medio ambiente y notificar su ocurrencia de forma inmediata a las autoridades competentes; incluyendo la evaluación inicial de las circunstancias y de las posibles consecuencias del accidente o emergencia radiológica ocurrida.

Con objeto de analizar los criterios radiológicos aplicables a las posibles emergencias en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas en sus diferentes campos de aplicación, es imprescindible tener en cuenta los distintos tipos de instalaciones y las prácticas y fuentes radiactivas implicadas en cada caso.

Teniendo en cuenta lo expuesto, los planes de emergencia han de contemplar los riesgos radiológicos potenciales en cada tipo de instalación de modo que el titular de la instalación tiene que estar preparado para mitigar las posibles consecuencias de un accidente en su origen y alertar a las autoridades públicas, que han de estar preparadas, para controlar y reducir el impacto del accidente radiológico en el público.

To obtain the regulatory authorization for the use or operation of a nuclear or radioactive facility, the applicants thereof must prepare and submit, among other regulatory documents, an On-site Emergency Plan (PEI) that will be approved when said authorisations are granted.

The PEI must detail the measures established by the owner of the facility and detail the assignment of responsibilities to handle the accident conditions and mitigate the consequences thereof; to protect the personnel at the facility, the general public and the environment; and to immediately notify the occurrence of an accident to the competent public authorities. This includes an initial evaluation of the circumstances and of the possible consequences of the accident or the radiological emergency that has occurred.

To analyse the radiological criteria applicable to possible emergencies at nuclear facilities and radioactive facilities in their various fields of application, it is essential to take into account the various types of facilities and the practices and radioactive sources involved in each case.

Considering the aforementioned, emergency plans must consider the potential radiological risks at each type of facility, and the owner of the facility has to be prepared to mitigate the possible consequences of an accident at the origin and to alert the public authorities, who have to be prepared to control and reduce the impact of a radiological accident to the public.

PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR EN INSTALACIONES RADIATIVAS

Una emergencia se define en una instalación radiactiva como la posibilidad de que un riesgo se materialice, afectando a personas o bienes de la instalación. En consecuencia debe entenderse como emergencia toda aquella eventualidad que afecte gravemente al desarrollo de una actividad cotidiana en dichas instalaciones. Todos aquellos riesgos susceptibles de desembocar en una situación de emergencia, deben ser objeto de análisis a fin de establecer la respuesta adecuada.

El Plan de Emergencia Interior (PEI) contendrá el tipo de accidentes previsibles con posibles consecuencias radiológicas y las medidas a adoptar para cada uno de estos accidentes, entre los que se encuentran, a modo general, los siguientes:

— Declaración de la emergencia a la vista del análisis de la situación y notificación de la misma, si procede, a

todo el personal potencialmente afectado, a los servicios de asistencia, al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y a las demás autoridades que hayan de intervenir en ella.

— Asistencia y control del personal posiblemente afectado por irradiación externa o por contaminación.

— Medidas de confinamiento de la contaminación y medidas a tomar para evitar la dispersión del material radiactivo.

— Notificaciones de sobreexposiciones, de acuerdo a lo establecido en la Legislación vigente sobre protección contra las radiaciones ionizantes.

— Descontaminación de las zonas afectadas.

— Elaboración de un informe completo para su transmisión a las autoridades.

La línea de autoridad y responsabilidad del personal, ha de quedar inequívocamente establecido, a fin de evitar que los aspectos fundamentales del Plan queden comprometidos por la

ausencia de personas responsables en la emergencia. Para ello, tal línea de autoridad y responsabilidad debe asignarse y se han de establecer los procedimientos para su actualización.

Se ha de prever que la autoridad y responsabilidad se modifique, a medida que transcurra la emergencia, al personarse en el lugar cargos superiores en la línea jerárquica, a quienes, una vez oídas las opiniones técnicas, corresponderán las decisiones, la transmisión de las mismas que ha de estar claramente establecida en el documento, de modo que en ningún momento exista duda de a quien corresponde la autoridad y responsabilidad.

Clasificación de las emergencias

En un Plan de Emergencia Interior, las emergencias deben clasificarse en función de los riesgos a los que los bienes de una organización se hallan sometidos. La situación de los bienes

en función de su exposición se puede clasificar en: situación de seguridad, situación de riesgo, situación de peligro, situación de emergencia, situación de siniestro y situación de vuelta a la normalidad.

PARTICULARIDADES DEL TIPO DE INSTALACIÓN RADIATIVA DENTRO DEL PLAN DE EMERGENCIA

Con objeto de analizar los criterios radiológicos aplicables a las posibles emergencias en instalaciones radiactivas en los campos de la medicina y la industria, es imprescindible tener en cuenta los diferentes tipos de instalaciones y las fuentes radiactivas implicadas.

Instalaciones radiactivas en el campo de la medicina

En el ámbito sanitario se pueden clasificar las instalaciones, teniendo en cuenta el tipo de fuentes radiactivas implicadas, en los siguientes campos de aplicación: radioterapia, medicina nuclear inclu-

yendo laboratorios de diagnóstico "in vitro", docencia e investigación y radiodiagnóstico con rayos X.

Instalaciones de radioterapia

De las actividades desarrolladas en el campo de la medicina, las instalaciones de radioterapia son las que presentan el mayor riesgo radiológico debido a las altas tasas de dosis que se generan y a las altas actividades de las fuentes radiactivas que se utilizan.

De acuerdo con el riesgo radiológico en caso de accidente se pueden distinguir instalaciones de Teleterapia y de Braquiterapia y, dentro de las primeras, entre teleterapia con aceleradores de partículas y con unidades de cobalto-60.

Los aceleradores lineales son equipos que utilizan ondas electromagnéticas de alta frecuencia para acelerar electrones de alta energía a través de un tubo lineal. Estos equipos, se encuentran ubicados en recintos blindados. Las instalaciones de teleterapia con aceleradores de partículas, se caracterizan por incorporar en su diseño una serie de enclavamientos y sistemas de seguridad dentro y fuera de los búnkeres que permiten detener la emisión de radiación de forma inmediata. Los posibles accidentes estarían asociados a una exposición inadvertida de alguna persona por quedar esta, por diferentes motivos, encerrada en el búnker, a un fallo del equipo, a fallos en los sistemas de seguridad o a errores en la dosis suministrada al paciente. En alguno de estos casos se podría requerir una atención sanitaria de los afectados.

Las instalaciones de radioterapia con unidades de cobalto-60 presentan características similares a las anteriores con la particularidad de que, al estar presente una fuente radiactiva encapsulada de cobalto-60, la emisión de radiación es continua. Teniendo en cuenta la gran actividad de la fuente (alrededor de 333 TBq) presenta un gran riesgo de irradiación externa en caso de accidente, si bien el diseño de las instalaciones incorpora requisitos de seguridad intrínseca y están provistas de sistemas de seguridad que provocan la retirada inmediata de la fuente a su posición de almacenamiento que se encuentra convenientemente blindado. Los posibles accidentes, además de los indicados para aceleradores lineales, irían asociados con la fuente radiactiva tales como fallo en el retorno de la fuente a su posición de almacenamiento, pérdida de hermeticidad de la fuente, daños en el cabezal de la unidad y robo o abandono de la fuente radiactiva. Al igual que en el caso anterior, se podría requerir en caso de accidente una atención sanitaria a los afectados y en el caso que la fuente quedara sin blindaje o con pérdida de su integridad podría provocar una emergencia con repercusión externa a la instalación.

En las figuras 1, 2, 3, 4 se puede ver una unidad de telecobaltoterapia, la puerta del búnker que la alberga y un pulsador de emergencia propio de una unidad de radioterapia. La figura 5 ilustra el modo de introducir la fuente radiactiva en su posición de almacenamiento de forma manual.

Con braquiterapia se llevan a cabo tratamiento de tumores por la introducción de fuentes radiactiva en el



Figura 1. Unidad de telecobaltoterapia.



Figura 2. CABEZAL Unidad de Telecobaltoterapia.



Figura 3. Puerta del búnker unidad de telecobaltoterapia.

paciente, en contacto con el tumor o en el lecho tumoral, en cavidades naturales o a través de técnicas percutáneas. La aplicación de la fuente puede hacerse manualmente o utilizando un equipo automático de carga diferida. Las fuentes que se utilizan habitualmente son de Cs-137 (fuentes de alrededor de 20 GBq para braquiterapia de baja tasa de dosis), IR-192 (de más de 370 GBq para braquiterapia de alta tasa de dosis), (figuras 6 y 7), Sr-90 (de alrededor de 7,4 GBq para implantes oculares) y semillas de I-125 y Pd-103 de baja actividad para implantes permanentes (figura 8). Los posibles accidentes serían los siguientes: fallo en el retorno de la fuente a su posición de almacenamiento, caída de la fuente por desconexión del tubo guía por el que circula, permanencia de la fuente en el paciente más tiempo del calculado en la planificación o fuera del punto de aplicación, circulación de un paciente por el hospital con una fuente implantada, abandono del hospital de un paciente portando una fuente, pérdida de hermeticidad de la fuente y pérdida, robo o abandono de la fuente. Si un paciente abandonara el hospital con una fuente radiactiva de

terapia bien por una negligencia o por una evacuación forzosa, producida por una situación de emergencia, se deberá de tener en cuenta la irradiación que podría generar al público en general.

Irradiación de muestras biológicas

Estas instalaciones se encuentran en algunos centros especializados. Constan de un equipo compacto provisto de una fuente radiactiva encapsulada de Cs-137 de alrededor de 6 TBq de actividad. Los accidentes previsibles podrían ser robo, abandono o deterioro del equipo que pudiera dejar sin blindaje a la fuente radiactiva.

Instalaciones de medicina nuclear

En medicina nuclear se utiliza material radiactivo no encapsulado por lo que presentan mayor riesgo de contaminación y dispersión de dicho material al medio ambiente. Estas instalaciones son muy variadas. Las hay desde laboratorios que realizan técnicas "in vitro" en los que se almacenan y utilizan radionucleidos no encapsulados de baja actividad del orden de los KBq, hasta complejas instalaciones situadas en grandes centros hospitalarios con actividades del orden de los GBq. En estas instalaciones de medicina nuclear se realizan técnicas "in vivo" para diagnóstico y terapia. Los tratamientos de terapia metabólica con I-131 (3700-11100 MBq) requieren hospitalización del paciente durante unos días y ciertas precauciones con los utensilios de uso diario y con la recogida y almacenamiento de las orinas de los pacientes.

Teniendo en cuenta la naturaleza y actividad de los radionucleidos que se utilizan, Tc-99m, Ga-67, In-111, I-123 etc., todos ellos con periodos de semidesintegración relativamente cortos, de la volatilidad de alguno de ellos y de la necesidad de almacenar temporalmente residuos sólidos y fundamentalmente líquidos, se podrían esperar accidentes que supusiesen una contaminación importante dentro de la propia instalación y sus dependencias principales, con repercusiones significativas a nivel de dosis externa y contaminación interna. En casos de contaminación externa, se deberá acordonar la zona y proceder a la descontaminación. Otros accidentes previsibles en medicina nuclear serían: derrame de un tanque conteniendo



Figura 6. Braquiterapia automática. Alta tasa de dosis.



Figura 7. Braquiterapia automática. Alta tasa de dosis.



Figura 8. Braquiterapia. Implantes permanentes. Semillas.



Figura 9. Cámara caliente. Medicina nuclear.



Figura 4. Pulsador de emergencias búnker de radioterapia.



Figura 5. Introducción manual de la fuente. Unidad de telecobaltoterapia.



Figura 10. Depósitos para almacenamiento de residuos líquidos. Medicina nuclear.

MEDICINA NUCLEAR. Diagnóstico Radionucleidos mas utilizados y actividades medias a almacenar		
Radionucleido	Actividad (MBq)	Actividad (mCi)
Mo /Tc - 99m	74.000	2.000
Indio - 111	1.300	35
Iodo - 123	740	20
Galio - 76	3700	100
Iodo - 131	555	15
Talio - 201	1850	50

Tabla 1.

residuos radiactivos líquidos a la red de alcantarillado, accidentes que provengan de secreciones del paciente, tales como vómitos, derrame de orinas o cualquier situación inesperada como una cirugía de urgencias, fallecimiento, etc. Finalmente, como en todos los casos, la pérdida o sustracción del material radiactivo. En la figura 9 se muestra una cámara caliente de

medicina nuclear con su gammateca y blindajes móviles y, en la figura 10 los depósitos de almacenamiento de residuos radiactivos líquidos. La tabla 1 muestra los radionucleidos más utilizados en medicina nuclear diagnóstica, y su actividad media a almacenar en la instalación.

Un caso particular a tener en cuenta sería el abandono del centro hospitalario de un paciente que porte una dosis terapéutica de I-131 para tratamiento de cáncer de tiroides. Si el abandono se produce en las primeras horas, las consecuencias radiológicas del hecho podrían tener repercusión en el exterior de la instalación, con la intervención de los cuerpos de seguridad para buscar al paciente. Las mismas consecuencias se podrían aplicar a un paciente que portase una fuente radiactiva de braquiterapia.

Instalaciones de rayos X

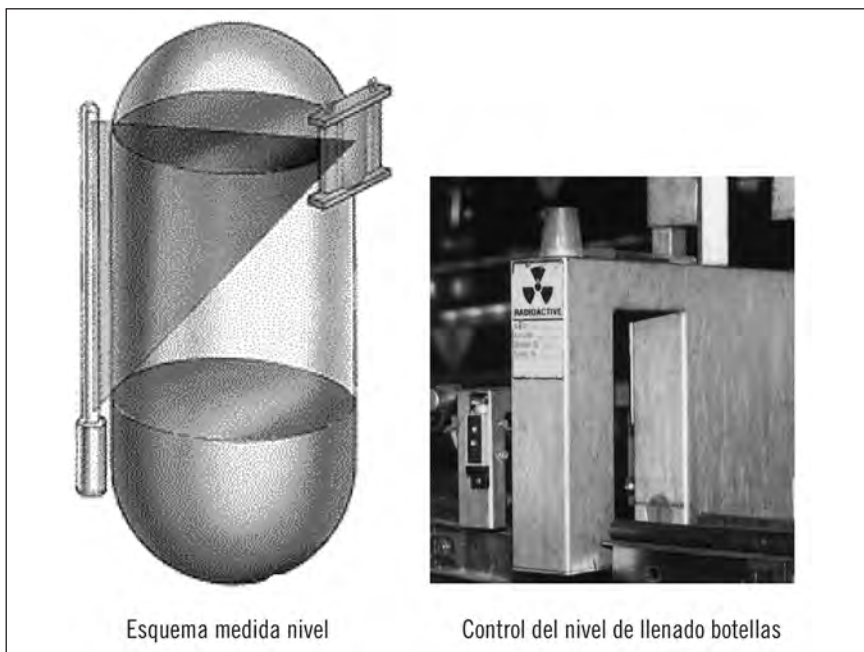
Los equipos de rayos X tanto para diagnóstico como para terapia necesitan para su funcionamiento una fuente de energía eléctrica externa, lo cual hace imposible un accidente radiológico que no pueda resolverse de forma inmediata suprimiendo dicha alimentación eléctrica. Los únicos accidentes posibles con estos aparatos serían los asociados con una exposición inadvertida del paciente o del personal de operación por un error operacional o mal funcionamiento del equipo. En casos extremos, un accidente de esta clase podría requerir una actuación sanitaria sobre los afectados.

Instalaciones radiactivas en el campo de la industria

Dentro del campo de la industria las instalaciones se pueden clasificar en los siguientes campos de aplicación: sistemas radiactivos de control y medida (control de procesos, sondeos y obra civil y análisis instrumental), radiografía y gammagrafía industrial e irradiación industrial.

Equipos de Control de Procesos

Estos equipos se encuentran instalados en línea, en un proceso productivo para medida en continuo de nivel, densidad, espesor o gramaje y análisis de materiales. Pueden ser de tipo fijo o de barrido, siendo el emisor una fuente radiactiva encapsulada o un generador de rayos X. Su funcionamiento es sencillo y generalmente automático y el riesgo de operación es muy bajo. Las fuentes más utilizadas son Kr-85, Sr-90,



Esquema medida nivel

Control del nivel de llenado botellas

Figura 11. Equipo control de procesos.



Figura 12. Medida de densidad y humedad de suelos.

Cs-137, Co-60, Am-241 y Cf-252 en función del material y la variable a medir. Las actividades son muy variadas, las de mayor actividad corresponden a acerías para medida de espesor de planchas de acero con fuentes de Cs-137 con una actividad de 1,85 TBq. Los posibles accidentes serían un fallo del obturador del equipo que dejase la fuente al descubierto, pérdida de hermeticidad de la fuente, rebose del material a medir sobre el equipo con la fuente radiactiva y pérdida, robo o abandono de la fuente. En todos los casos se ha de tener en cuenta que el equipo con la fuente radiactiva se encuentra en lugares bastante inaccesibles. En la figura 11 se muestra un equipo de control de procesos para el control de llenado de botellas y un esquema de dicho proceso.

Equipos de medida de densidad y humedad de suelos

Son equipos móviles que se desplazan al lugar de trabajo para su utilización por lo que se les aplica la reglamentación de transporte en sus desplazamientos. Las fuentes radiactivas están doblemente encapsuladas por lo que es difícil que se produzca pérdida de hermeticidad. Los hay de dos tipos:

- Llevan fuentes de Am-241/Be y Cs-137 incorporadas al equipo con actividades entre 1,48-1,85 GBq y 296-370 MBq respectivamente. Los equipos son bultos de transporte tipo A y se emplean a poca profundidad del terreno.
- No llevan la fuente incorporada al equipo, se utiliza generalmente una fuente de



Figura 13. Medida de densidad y humedad de suelos. Operación en campo.

Cs-137 de hasta 74 GBq para prospecciones geofísicas a grandes profundidades.

El funcionamiento de estos equipos entraña poco riesgo si los maneja personal con formación. Los accidentes previsibles podrían ser: imposibilidad de retraer la fuente a su lugar de blindaje, aplastamiento del equipo por un vehículo pesado, accidente de tráfico, robo del equipo, etc. En las figuras 12 y 13 se muestra un equipo dedicado a esta actividad y su actuación en campo.

Equipos de gammagrafía industrial

Se utilizan para el control de calidad de soldaduras en tuberías o de componentes fundidos o metales. Son equipos móviles que se desplazan al lugar de trabajo y se utilizan a pie de obra. El material radiactivo usado son generalmente fuentes doblemente encapsuladas de Ir-192 con una actividad de hasta 5 TBq (también se pueden utilizar fuentes de Co-60, Se-75, Yb-169), el mismo equipo constituye un bulto de transporte tipo B (figura 14). El equipo está constituido por un contenedor blindado para almacenamiento de la fuente, estando dicha fuente aco-

plada al extremo de un cable flexible denominado portafuentes y de una serie de elementos auxiliares tales como telemando, mangueras y tubos guías (figura 15).

Debido a las características de uso de estos equipos, de la gran actividad de la fuente y de la dificultad de control de la misma, la gammagrafía industrial es la actividad, dentro del campo de la industria, en la que se producen mayor número de accidentes y se pueden registrar las dosis más altas a los operadores. Los accidentes previsibles serían los siguientes:

- Desconexión de la fuente radiactiva. Generalmente se produce por fallo en el mecanismo de acople entre el portafuentes y el cable propulsor del telemando. En este caso, habría que blindar la fuente y mediante unas pinzas introducirla en un contenedor o en el interior del gammagrafo.
- Deterioro de la manguera. Esto impide el retorno de la fuente al interior del gammagrafo. En este caso, habría que localizar la fuente con el detector y blindarla, reparar la manguera e introducir la fuente en el interior del gammagrafo con el telemando.



Figura 14. Gammagrafía industrial. Modelo de bulto.



Figura 15. Gammagrafía industrial. Equipo y fuente radiactiva.

— Accidente de transporte. En este caso la primera medida sería comprobar con el detector si ha habido rotura del contenedor de la fuente. En caso de detectarse altos niveles de radiación, acotar y señalizar la zona y tener el gammagrafo bajo vigilancia.

— Robo.

Irradiación Industrial

Consiste en la utilización de las radiaciones ionizantes para esterilización de material médico quirúrgico, conservación de alimentos y mejora de propiedades térmicas y mecánicas de diferentes materiales plásticos. Esta actividad se realiza mediante un acelerador de electrones o mediante fuentes radiactivas de Co-60 de actividad muy elevada dispuestas en un marco portafuentes. Actualmente, en España, se dispone de dos instalaciones radiactivas de irradiación industrial; una de cada modalidad.

Estas instalaciones disponen de requisitos muy estrictos en cuanto al diseño y sistemas de seguridad, protección radiológica y protección física, con objeto de impedir el acceso de personas a la zona de irradiación. Estos requisitos son comunes en cualquier instalación radiactiva en las que se utilicen equipos generadores de radiación de alta energía o fuentes radiactivas de elevada actividad con independencia de su uso.

DESCRIPCIÓN DE LAS EMERGENCIAS

Teniendo en cuenta las fuentes de irradiación existentes en las instalaciones radiactivas y las posibles vías de exposición, si se produjese un accidente, podríamos clasificar las emergencias según que las consecuencias radiológicas se limitasen al interior de la instalación radiactiva o que tuviesen repercusión en el exterior.

Como norma general, las instalaciones radiactivas están diseñadas para que, en el caso de producirse una situación de emergencia, esta no tuviera repercusión en el exterior de la instalación, por lo que los accidentes e incidentes previsibles, así como las medidas a adoptar en cada caso, estarían recogidas en el Plan de Emergencia Interior de las instalaciones. Dicho Plan de Emergencia, es un documento preceptivo que los titulares han de elaborar y presentar para obtener las correspondientes autorizaciones para el funcionamiento de las instalaciones.

Situaciones de emergencia debidas a causas catastróficas

Estas situaciones, por la forma de iniciarse y la zona de la instalación a la que pueda afectar, darán lugar a diferentes tipos de medidas a adoptar, debiéndose

en todos los casos aplicar los Planes de Emergencia generales del centro donde esté ubicada la instalación. Las situaciones de emergencia a considerar serían: incendio, explosión, amenaza cierta de bomba, cualquier catástrofe natural grave, sabotaje y pérdida o sustracción del material radiactivo con repercusión en el exterior de la instalación.

En el caso de incendio en hospitales se tendrá que tener en cuenta las consecuencias radiológicas, de contaminación e irradiación externa, por una posible fusión de los blindajes de las fuentes de Co-60 de radioterapia externa y las de braquiterapia por carga diferida de alta tasa de dosis.

En el caso de tener que evacuar pacientes portadores de fuentes radiactivas, con fines de terapia, se tiene que considerar el riesgo radiológico a otros pacientes, al personal del hospital y el personal externo que realice la evacuación y se tendrá disponible los medios de protección para mitigar las consecuencias.



Carmen Álvarez García. Es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid y en Derecho por la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Diploma de Técnico en Instalaciones Radiactivas, Radiobiología y Contaminación Ambiental por la Universidad Complutense de Madrid. Inicia su actividad profesional en el Consejo de Seguridad Nuclear desde su creación y en 1996 es nombrada Jefe de Área de Instalaciones Radiactivas Médicas. Miembro del Comité de Dirección del European ALARA Network, en representación del CSN. Miembro del grupo de Reguladores (ERPAN) perteneciente al EAN. Ha participado en la elaboración de la Directiva sobre Control de Fuentes de Alta Actividad y fuentes Huérfanas de la CE. Miembro del FORO sobre Protección Sanitaria en el Medio Hospitalario.

Vocal de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Protección Radiológica, miembro de la Sociedad Española de Física Médica.

En el supuesto de sustracción o pérdida del material radiactivo, sería especialmente grave si se tratase de fuentes de alta actividad, dependiendo de la extensión del suceso podría ser necesario realizar intervenciones de emergencia en el exterior de las instalaciones con la participación de medios externos al centro como los cuerpos de seguridad del Estado.

BIBLIOGRAFIA

- Revista CSN nº 8, Emergencias en el medio hospitalario. 1998
- Guía de Seguridad del CSN 5.1.; 5.2.; 5.14
- Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. RD 1836/1999 de 3 de diciembre.
- Instrucción técnica complementaria a la autorización por el CSN a las IIRR en relación a los requisitos de notificación de sucesos circular 12/01.
- Manual de Protección Radiológica para el medio hospitalario, SEFM, SEPR. 2002.
- Reglamento de prevención de incendios de la comunidad de Madrid. Decreto 31/2003 de 13 marzo.



Natividad Ferrer García. Es licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Residente de programas especiales en el Servicio de medicina nuclear. Especialista en Radiofísica Hospitalaria y en Protección Radiológica para instalaciones médicas. Jefe de sección del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Ramón y Cajal. Miembro de la comisión nacional del Protocolo español de control de calidad en la Instrumentación de medicina nuclear. Secretaria de la SEFM (1997- 2001). Representante española en el Foro Iberoamericano de protección del paciente. Miembro de la Sociedad Española de medicina nuclear y de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Miembro de la Comisión de Autoprotección del HRC.